www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

PHILIPS TECHNISCH TIJDSCHRIFT

JAARGANG 28, 1967, no. 11

Radar met verspringende frequentie

N. Backmark, J. E. V. Krim en F. Sellberg

Radarinstallaties dienen om van bepaalde objecten — veelal schepen of vliegtuigen — de aanwezigheid vast te stellen en om hun positie te bepalen. Deze waarnemingen zijn met een aantal onnauwkeurigheden behept als gevolg van de samengesteldheid der oppervlakken van de genoemde objecten, wier stand ten opzichte van de radarantenne daardoor de sterkte der terugontvangen echosignalen sterk beïnvloedt. Deze bezwaren kunnen worden ondervangen door de frequentie van de radarzender van impuls tot impuls volgens een willekeurig patroon te doen verspringen. Het ontwerpen van een lichte en compacte radarinstallatie met verspringende frequentie is mogelijk geworden door toepassing van het door Philips ontwikkelde magnetron met afstemrotor.

Inleiding

Het doel van een radarinstallatie is om van bepaalde objecten waarin men is geïnteresseerd — veelal zijn dit vliegtuigen of schepen — de aanwezigheid vast te stellen en, wanneer dit is geschied, hun coördinaten te bepalen. Tot voor kort was het algemeen gebruikelijk, aan elke radarinstallatie een eigen, vaste, frequentie toe te wijzen. Zoals wij echter in dit artikel zullen uiteenzetten, kan het grote voordelen hebben om van deze gewoonte af te wijken en de frequentie van de radarzender van impuls tot impuls te doen verspringen.

De verklaring van de keuze van een dergelijke werkwijze — die ontegenzeggelijk de radarinstallatie gecompliceerder maakt — is gelegen in de omstandigheid dat radarecho's, ook van objecten die relatief weinig van plaats veranderen, onderhevig zijn aan een aantal variaties die zowel de kans op waarneming kunnen verminderen als de nauwkeurigheid van de meting van de hoekcoördinaat ongunstig beïnvloeden [1]. Variaties als hier bedoeld treden op doordat objecten zoals vliegtuigen en schepen geen eenvoudig gevormde lichamen zijn, doch aan de radarbundel een groot aantal reflecterende oppervlakken bieden, van verschillende grootte en onder wisselende hoeken ten opzichte van de bundel geplaatst.

Door interferenties tussen de echo's van de verschillende deeloppervlakken van het object wordt het effectief reflecterend oppervlak, en daardoor ook de amplitude van de echo die de radarontvanger bereikt, sterk afhankelijk van de hoekstand van het object. Zo heeft men b.v. in bepaalde gevallen vastgesteld dat een verdraaiing van het object van slechts 1/3° een amplitudevariatie van 15 dB in het ontvangen echosignaal veroorzaakte. Door dit verschijnsel, dat men als scintillatie of schittering pleegt te betitelen, treedt dus een soort fading op, die een object dat overigens binnen de dracht van de radarinstallatie is gelegen, tijdelijk „onzichtbaar" kan maken. Dit kan bezwaarlijk zijn, omdat men immers bij radarinstallaties in het algemeen het object continu onder observatie wil houden.

Een tweede verschijnsel, waarvoor de Engelse term „glint" gangbaar is en waarvoor wij het woord glinsteren zouden willen gebruiken, uit zich daarin dat door de interferenties tussen de verschillende deelecho's ook de richting waaruit de echo schijnt terug te komen afhankelijk is van de hoekstand van het object. Men heeft in de praktijk geconstateerd dat bij ingewikkelde objecten het punt waaruit de echo schijnt terug te komen, zelfs volstrekt niet binnen de optische omtrek van het object behoeft te liggen.

Civilingenjör N. Backmark en teknologie licentiat F. Sellberg, medewerkers van Svenska Philips A.B., Stockholm; Ir. J. E. V. Krim, medewerker van N.V. Hollandse Signaalapparaten, Hengelo.

[1] Zie hiervoor: J. I. Marcum, A statistical theory of target detection by pulsed radar, IRE Trans. on information theory **IT-6**, 59-267, 1960, en P. Swerling, Probability of detection for fluctuating targets, IRE Trans. on information theory **IT-6**, 269-308, 1960.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Dit punt waaruit de echo schijnt terug te komen, wordt wel het reflecterend zwaartepunt van het doeloppervlak genoemd. Wanneer een radarsysteem een object continu en met constante frequentie bestraalt, zal door het continu veranderen van de stand van het doel het reflecterend zwaartepunt over het oppervlak van het doel zwerven. Daar de stand van het object slechts langzaam verandert, zwerft ook het zwaartepunt slechts langzaam. Deze langzame verplaatsing kan door radarinstallaties die het doel automatisch moeten volgen — hiertoe behoren b.v. vuurleidingsinstallaties op oorlogsschepen — gemakkelijk worden bijgehouden, zodat een schijnbare verplaatsing van het doel wordt waargenomen. Hoewel het in eerste aanleg niet van belang is, welk punt van het doel wordt gevolgd, kan het zwerven van het zwaartepunt over het oppervlak van het doel aanleiding geven tot ernstige fouten bij de meting van de doelsnelheid. De zwerfsnelheid, die vectorieel bij de werkelijke snelheid van het doel wordt opgeteld, veroorzaakt een onnauwkeurigheid in de voorspelling van de doelpositie, en deze voorspelling is juist voor de vuurleiding van groot gewicht.

Daar beide beschreven verschijnselen — „schitteren" en „glinsteren" — het gevolg zijn van interferenties tussen deelecho's, worden zij zeer sterk beïnvloed door de radarfrequentie. Men kan dus verwachten dat een bepaald object, ook zonder dat daarvan de stand verandert, voor de ene frequentie een sterke echo zal terugzenden en voor de andere een zwakke. Voorts kan de richting waaruit de echo schijnt terug te komen voor de ene frequentie in tegengestelde zin van de ware richting afwijken als voor de andere.

Doordat de stralingsbundel van de radar een zekere breedte heeft, zal een waar te nemen object elke keer dat de bundel daar overheen zwaait door een aantal radarimpulsen — b.v. 20 — worden getroffen. Draagt men er nu zorg voor dat de zendfrequentie bij elke impuls een andere is, dan mag men verwachten dat in de eerste plaats niet voor alle frequenties door interferentie uitdoving der echo's ontstaat, en dat in de tweede plaats de richtingen waaruit de echo's der verschillende impulsen schijnen terug te komen statistisch om de werkelijke richting verdeeld zullen zijn. Wat dit laatste betreft, is het gevolg van het verspringen dat het reflecterend zwaartepunt met grote snelheid over het doeloppervlak heen en weer springt. Een automatisch volgsysteem kan zulke *snelle* verplaatsingen *niet* bijhouden, doch middelt de waarnemingen over een periode die door de tijdconstante van het volgsysteem wordt bepaald. Er kan dus worden gezegd dat door het gebruik van een verspringende frequentie zowel de waarnemingskans wordt vergroot als de nauwkeurigheid van de richtingsbepaling en de positievoorspelling verbeterd.

Het gebruik van een verspringende frequentie heeft nog verdere voordelen: het vermindert nl. de kans op storing door andere zenders. Wanneer in een bepaald areaal een aantal radarinstallaties met vaste frequentie zijn opgesteld, dienen deze frequenties zorgvuldig zó te worden bepaald dat geen ongewilde storing optreedt. Wanneer echter de zendfrequentie op onregelmatige wijze verspringt, is de kans bijzonder klein dat de ontvangerfrequentie, die immers met die van de zender moet meelopen, tijdens opeenvolgende luisterperiodes juist gelijk is aan, of dicht ligt bij, de frequentie van een binnenkomende impuls van een vreemde zender. Deze beschouwing geldt evenzeer voor ongewilde als voor opzettelijke storingen.

Wanneer men met verspringende zendfrequentie werkt, wordt ten slotte nog de hinder van echo's met te lange looptijd ondervangen. Dit zijn echo's van een impuls die van ver verwijderde objecten binnenkomen nadat de volgende impuls reeds door de zender is uitgezonden; deze vermengen zich met de door nabije objecten geleverde echo's van de tweede impuls en geven aanleiding tot een foutieve en verwarrende indicatie op het radarscherm. Het zal geen betoog behoeven dat, wanneer zender en ontvanger na het uitzenden van een bepaalde impuls naar een geheel andere frequentie verspringen, de ontvanger voor echo's met te lange looptijd ongevoelig zal zijn.

Deze overwegingen, waarvan de juistheid ook experimenteel is bevestigd [2], zijn voor Philips aanleiding geweest een radarinstallatie met verspringende frequentie te ontwerpen, waarvan wij thans enige bijzonderheden zullen beschrijven. De belangrijkste problemen waren die van de opwekking van de zendfrequentie en van het ontwerp van de ontvanger.

De opwekking van de zendfrequentie

In radarinstallaties, werkend in de centimeterband, worden veelal magnetrons toegepast als bron van hoogfrequente zendenergie, in het bijzonder wanneer de installatie transportabel en dus zo eenvoudig en licht mogelijk moet zijn. Dit komt omdat een magnetron een unieke combinatie van eigenschappen bezit: het heeft bij kleine afmetingen en gering gewicht een groot uitgangsvermogen en een hoog rendement, de constructie is zeer robuust en het genereert het uitgangsvermogen bij voldoende constante frequentie om een uitwendige frequentiebesturing overbodig te doen zijn.

De frequentie waarop een magnetron oscilleert wordt hoofdzakelijk bepaald door de resonantie van de trilholten die het bevat. In een eenvoudig magnetron ontbreken elementen die verstemming mogelijk maken, zodat het slechts één onveranderlijke frequentie genereert. De noodzaak om opzettelijke of onopzette-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

lijke storing door andere radarinstallaties te kunnen ontwijken door wijziging van de werkfrequentie heeft er echter toe geleid dat in hedendaagse radarzenders vrijwel uitsluitend verstembare magnetrons worden toegepast. De mogelijkheid van een wijziging van de magnetronfrequentie wordt daarbij in het algemeen verkregen door het aanbrengen van beweegbare staafjes in de trilholten. Om het rendement zo hoog mogelijk te houden, moet in elke trilholte een staafje worden aangebracht en moeten alle staafjes tegelijkertijd en gelijkelijk worden bewogen. Hiertoe past men een schroefbeweging en tandwieloverbrenging toe. Deze wijze van verstemming is zeer effectief en men kan er een groot frequentiegebied mee bestrijken. Ze is echter volstrekt onvoldoende wanneer men de radarinstallatie met verspringende frequentie wil laten werken. Het doorlopen van een volledige afstemcyclus vergt nl. bij deze methode enkele seconden, terwijl de eis om de zender in het interval tussen twee opeenvolgende zendimpulsen aanzienlijk te kunnen verstemmen tot een ongeveer duizendmaal hogere afstemsnelheid voert.

Dit verklaart waarom men tot nu toe in radarinstallaties met verspringende frequentie niet van magnetrons gebruik heeft gemaakt. Men heeft het probleem tot nu toe niet anders kunnen oplossen dan door toepassing van een frequentiebesturing die een aantal kristaloscillators, frequentiedelers en -vermenigvuldigers, gevolgd door versterkers en afgesloten door een aperiodieke eindtrap van groot vermogen, omvat. Het ontwerpen van een lichte en compacte radarinstallatie met verspringende frequentie is pas mogelijk geworden door toepassing van het *magnetron met afstemrotor*, dat in het laboratorium van de Elektronenbuizenfabriek van Svenska Philips A.B. te Stockholm hiervoor werd ontwikkeld.

Het magnetron met afstemrotor

Dit magnetron, waarvan de constructie in *fig. 1* vereenvoudigd is weergegeven, bevat, zoals de benaming aangeeft, een draaiend element, en wel een schijf die boven het anodeblok is aangebracht en waarvan de as samenvalt met die van het magnetron. Het randgedeelte van de schijf, dat boven de trilholten draait, is getand en heeft evenveel tanden als er trilholten zijn. De as van de schijf, die op kogellagers loopt, wordt gedreven met behulp van een roterend gemagnetiseerd juk dat buiten de vacuümruimte is gelegen en op de as van een elektromotor is bevestigd.

Beweegt een tand van de schijf zich over een trilholte, dan verandert de resonantiefrequentie, zowel door inductieve als door capacitieve beïnvloeding. Beide effecten ondersteunen elkaar, zodat een grote frequentiezwaai wordt verkregen. Doordat de tanden de trilholten alle gelijkelijk verstemmen, is het rendement optimaal. Per omwenteling van de schijf worden evenveel afstemcycli doorlopen als er trilholten zijn in het anodeblok, en de verstemmingssnelheid is dus behalve met de omwentelingssnelheid van de schijf, ook evenredig met het aantal trilholten.

Bij een der uitvoeringsvormen, die van het magnetron YJ 1181 (zie *fig. 2*), dat kan werken tussen 8,7 en 9,5 GHz en dat 16 trilholten heeft, varieert de fre-

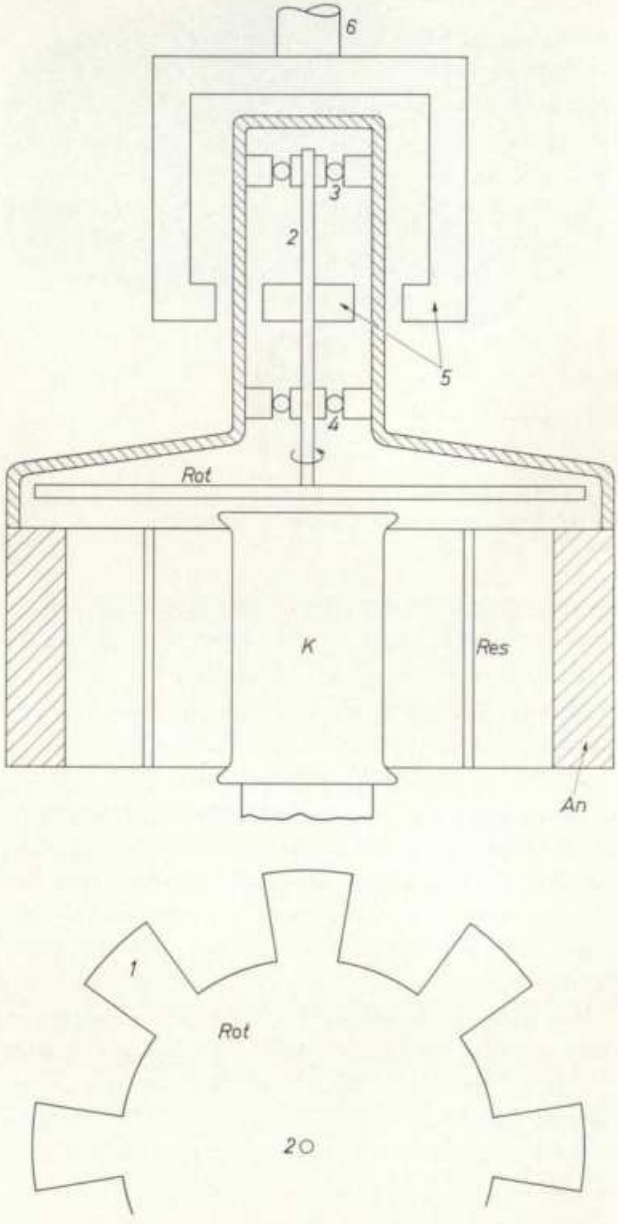


Fig. 1. Vereenvoudigde doorsnedetekening van het magnetron met afstemrotor, en horizontale projectie hiervan. *K* katode, *An* anodeblok en *Res* een der trilholten van het magnetron. *Rot* rotor met tanden *1*, gedragen door de as *2*, gelagerd in kogellagers *3*, *4* en gedreven door de magnetische koppeling *5*, waarvan het uitwendige juk op de as *6* van een elektromotor is bevestigd.

[2] Zie hiervoor: B. G. Gustafson en B-O. Ås, System properties of jumping-frequency radars, Philips Telecomm. Rev. **25**, 70-76, 1964.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

quentie ongeveer sinusvormig met de tijd en wordt een afstemcyclus, bij een rotatiesnelheid van 4500 omwentelingen per minuut, in 900 μs doorlopen. De frequentiezwaai is ongeveer 450 MHz en de grootste waarde van de verstemmingssnelheid is 1,4 MHz per microseconde. Tussen de omwentelingssnelheid van de

Fig. 2. Het magnetron met afstemrotor, type YJ 1181. De motor die de rotor drijft bevindt zich aan de bovenzijde.

afstemrotor en de impulsherhalingsfrequentie bestaat geen eenvoudige relatie — met name niet als men de laatste nog een weinig laat fluctueren — , zodat de zendfrequentie van de ene impuls op de andere op onregelmatige wijze verspringt (zie *fig. 3*).

Door de afwezigheid van heen en weer gaande bewegingen, die het gebruik van vacuümdichte balgen overbodig maakt, is de levensduur van het afstemmechanisme zeer gunstig en vormt geen beperking voor die van het magnetron als geheel. De eenvoud van de constructie waarborgt bovendien een grote betrouwbaarheid.

Het door de afstemrotor opgenomen vermogen is zeer gering: slechts 18 watt voor het magnetron YJ 1181. Wenst men op een vaste frequentie uit te zenden, dan kan met behulp van een elektromechanische inrichting de rotor in elke gewenste stand worden gefixeerd.

De ontvanger

In de ontvanger worden de ontvangen echosignalen, waarvan de frequentie door de zender is bepaald, gemengd met een signaal dat uit een lokale oscillator wordt verkregen, en het zo verkregen mengsignaal wordt dan door een middenfrequentversterker versterkt alvorens te worden gelijkgericht. Wenst men dus de zender met verspringende frequentie te doen werken, dan moet het probleem worden opgelost hoe het verschil in frequentie tussen de zender en de lokale oscillator steeds op de juiste waarde kan worden gehouden waarop de middenfrequentversterker is afgestemd.

Aan de lokale oscillator moet hiervoor de eis worden gesteld dat hij kan worden verstemd over een minstens zo groot gebied en met minstens zo grote snelheid (in werkelijkheid zelfs veel grotere, zie hieronder) als het magnetron Bovendien moet het uitgangsvermogen van de oscillator over de gehele frequentieband groot genoeg zijn om een bevredigend middenfrequentsignaal te waarborgen. Aan deze eisen kan worden voldaan door een zg. oscillator met achteruitlopende golf (backward wave oscillator, b.w.o.), die ten eerste door zijn aperiodiek karakter over een zeer groot frequentiegebied voldoende vermogen kan leveren en waarbij ten tweede de frequentieregeling geheel elektrisch plaatsvindt, zodat snelheidsbeperkingen van mechanische oorsprong afwezig zijn.

Opdat de ontvanger ook echo's zal kunnen ontvangen van doelen die zich op zeer korte afstand van de zender bevinden, moet de lokale oscillator op het ogenblik dat de zendimpuls wordt beëindigd reeds op de juiste frequentie zijn ingesteld. Deze frequentie-instelling moet dan, om ook doelen op zo groot mogelijke afstand te kunnen waarnemen, worden gefixeerd, liefst tot kort voor het ogenblik waarop de volgende zendimpuls wordt opgewekt. Voor het instellen van de lokale oscillatorfrequentie is dus telkens slechts een fractie van de tijd tussen twee zendimpulsen beschikbaar.

Aangezien een zo snelle en accurate regeling van de lokale oscillatorfrequentie niet met conventionele schakelingen voor automatische frequentieregeling kon

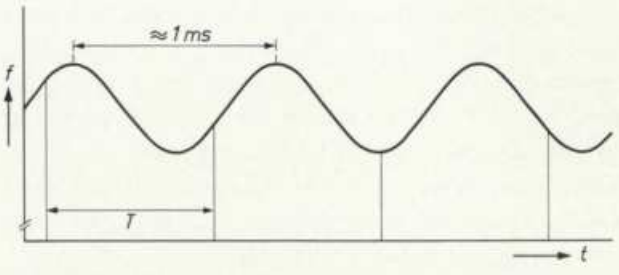


Fig. 3. De rotatie van de afstemrotor doet de magnetronfrequentie f met de tijd variëren volgens een pseudosinusfunctie. Elke magnetronimpuls duurt zo kort dat hij op de tijdschaal als punt verschijnt. Tussen de omwentelingssnelheid van de afstemrotor en de impulsherhalingsfrequentie (periode T, die niet geheel constant behoeft te zijn) bestaat geen eenvoudige relatie, waardoor de zendfrequentie van impuls tot impuls op onregelmatige wijze verspringt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

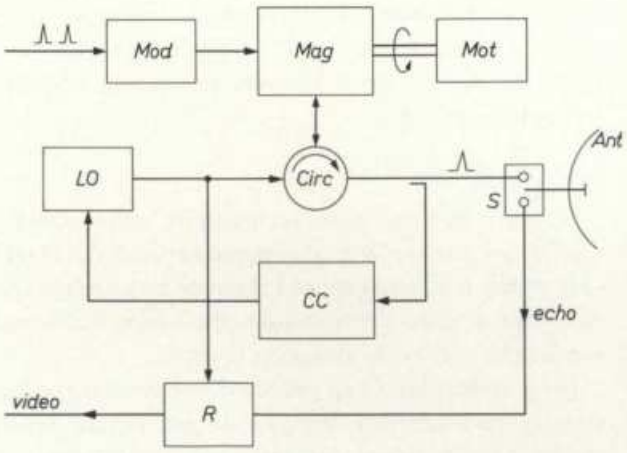


Fig. 4. Vereenvoudigd blokschema van de schakeling voor frequentieregeling. *Mag* magnetron met afstemrotor, die gedreven wordt door elektromotor *Mot*. Het magnetron wordt bestuurd door modulator *Mod*. *LO* lokale oscillator (backward wave oscillator). *Circ* circulator. *S* zend-ontvangschakelaar. *Ant* zend-ontvangantenne. *CC* regelschakeling. *R* ontvanger. De regelschakeling bestuurt de lokale oscillator zodanig dat deze gedurende elke luisterperiode een frequentie levert die een bedrag gelijk aan de (vaste) middenfrequentie IF verschilt van de zendfrequentie van de laatst uitgezonden radarimpuls.

worden gerealiseerd, is een geheel nieuw regelsysteem ontworpen. In het blokschema *fig. 4* is het principe van deze frequentieregeling, die we nu nader zullen bespreken, weergegeven.

Het uitgangssignaal van de lokale oscillator *LO* wordt, behalve aan de mengtrap van de ontvanger *R*, toegevoerd aan de circulator *Circ* en via de eerstvolgende uitgangspoort van deze circulator gebracht op de uitgangsleiding van het magnetron. Via deze uitgangsleiding wordt het signaal geïnjecteerd in het trilholtensysteem van het magnetron.

Bij het begin van elke regelperiode (deze is gelijk aan de tijdsduur tussen twee opeenvolgende impulsen) zal de resonantiefrequentie van het magnetron afwijken van de oscillatorfrequentie, zodat het oscillatorsignaal wordt gereflecteerd naar de circulator. Het doorloopt dan verder, evenals de op zeker moment optredende sterke impuls van het magnetron, de circulator en komt terecht op de zenderleiding naar de antenne. In deze leiding is een automatisch en ogenblikkelijk werkende schakelaar opgenomen. Deze stuurt hoge spanningen, i.c. de zendimpuls, naar de antenne, lage spanningen daarentegen, i.c. het gereflecteerde b.w.o.-signaal, naar de regelschakeling *CC*, waar detectie plaatsvindt. Zolang de door detectie verkregen gelijkspanning aanwezig blijft, geeft de regelschakeling een signaal af, dat de oscillatorfrequentie van de waarde *a* (zie *fig. 5*) aan het begin van de regelperiode snel volgens lijn *b* doet dalen. De waarde *a* is hoger dan het maximum van de afstemfrequentie van het magnetron, die volgens kromme *e* varieert.

Op het ogenblik dat lijn *b* de kromme *e* ontmoet, met andere woorden zodra de frequentie van de lokale oscillator gelijk wordt aan de afstemfrequentie van het magnetronsysteem, zal dit de oscillatorenergie gedeeltelijk absorberen. Er treedt dan vrijwel geen reflexie meer op en het gedetecteerde signaal valt plotseling naar vrijwel nul terug. Bij deze plotselinge val in het detectorsignaal houdt de regelschakeling op, de oscillatorfrequentie verder omlaag te brengen.

Na het uitschakelen van de „zoekbeweging" volgens lijn *b* moet op „volgen" van de magnetronfrequentie worden overgeschakeld, en wel omdat na de beëindiging van de zoekbeweging de magnetronfrequentie blijft voortgaan te veranderen volgens kromme *e*.

Tegelijk met de uitschakeling van de zoekbeweging wordt daarom een hulposcillator ingeschakeld, met behulp waarvan de frequentie van de lokale oscillator wordt gemoduleerd. Daar deze frequentie nu zeer dicht bij die van het magnetron ligt, uit zich een frequentiemodulatie van de oscillator in een merkbare amplitudemodulatie van het resterende gereflecteerde en gedetecteerde signaal. Bovendien treedt in de modulatie van het gedetecteerde signaal een fazesprong op telkens wanneer de oscillatorfrequentie de magnetronfrequentie passeert. Door nu de faze van de modulatiecomponent van het gedetecteerde signaal te vergelijken met die van een rechtstreeks aan de hulposcillator ontleend signaal, kan worden vastgesteld of de oscillatorfrequentie hoger of lager is dan de afstemfrequentie van het magnetron, zodat een regelspanning kan worden gevormd die de oscillatorfrequentie in de juiste richting bijregelt. Met behulp van deze methode wordt ook bewerkstelligd dat de oscillatorfrequentie, voortdurend dicht in de buurt van de magnetronfrequentie blijvend, deze laatste verder langs kromme *e* blijft volgen (kromme *c*).

Op een gegeven ogenblik, bepaald door de modulator (*Mod* in fig. 4), zal het magnetron beginnen te oscilleren, b.v. op het ogenblik dat de frequentie de

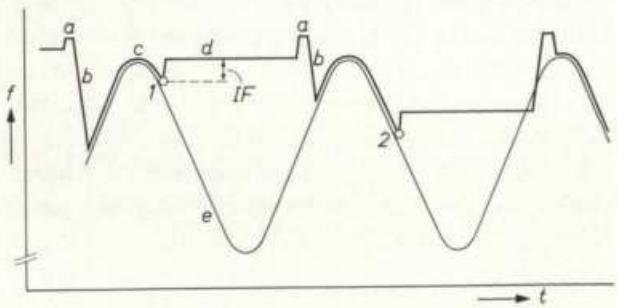


Fig. 5. Verloop van de lokale oscillatorfrequentie (*a-b-c-d*) en van de variabele magnetronfrequentie (pseudosinuskromme *e*). Op de getekende tijdstippen *1* en *2* treedt een magnetronimpuls op. Gedurende de hierop aansluitende luisterperiode (*d*) blijft de lokale oscillatorfrequentie constant en een vast bedrag IF hoger dan de bijbehorende frequentie van de uitgezonden impuls. Terwille van de duidelijkheid is de lengte van de regelperiode *a-b-c* ten opzichte van de luisterperiode wat vergroot weergegeven en is *c* gescheiden getekend van *e*.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

waarde in het punt *1* van fig. 5 passeert. De regelschakeling, die immers met de zenderleiding is gekoppeld, reageert op dit oscilleren door de waarde die de regelspanning voor de lokale oscillator op dat ogenblik heeft met een zodanig bedrag te veranderen dat de oscillatorfrequentie met een bedrag, gelijk aan de middenfrequentie (IF) van de ontvanger, van de oscillatiefrequentie van het magnetron gaat verschillen. De regelschakeling bevriest dan de regelspanning en daarmee de lokale oscillatorfrequentie op deze gewijzigde waarde (*d*) gedurende een tijd (de luistertijd) die iets korter is dan de impulsperiode van de modulator. Is dit interval afgelopen, dan brengt de regelschakeling de lokale oscillatorfrequentie weer op de waarde *a* en schakelt even later weer de zoekbeweging volgens *b* in. Daarmee begint dan de volgende regelperiode.

Daar de zojuist beschreven instelling van de lokale oscillatorfrequentie, op het ogenblik dat het magnetron gaat oscilleren, nog lichte onnauwkeurigheden kan vertonen, is in het middenfrequentgedeelte van de ontvanger een (aangepaste) conventionele schakeling voor automatische frequentieregeling opgenomen, die de lokale oscillator iets kan bijregelen als de middenfrequentie van de juiste waarde blijkt af te wijken. Dit geschiedt dan terwijl de zendimpuls nog voortduurt.

Samenvattend kan men de volgende fazen in de afstemcyclus onderscheiden.

1) Het zoeken naar de momentele magnetronafstemfrequentie volgens lijn *b*.
2) Het volgen van de veranderende magnetronafstemfrequentie volgens kromme *c*.
3) Het stoppen na ontvangst van de zendimpuls, onmiddellijk gevolgd door het maken van een frequentiesprong IF.
4) Stilstaan gedurende de luistertijd, lijn *d*.
5) Het terugspringen naar de begintoestand *a*.

Het is de taak van de regelschakeling, ervoor te zorgen dat de b.w.o. de vermelde fazen op de juiste wijze en in de juiste volgorde doorloopt. Daartoe ontvangt de regelschakeling informatie uit verschillende bronnen. Recapitulerend zijn dit achtereenvolgens: de val in het gedetecteerde gereflecteerde hoogfrequente vermogen, de uitgangsspanning van de fazegevoelige detector, de zendimpuls, en de uitgangsspanning van de frequentiediscriminator in het middenfrequentgedeelte van de ontvanger als correctie op de frequentiesprong IF.

De elektronische functies voor de terugsprong, de zoekbeweging, de sprong IF en het afmeten van de luistertijd worden door hulpschakelingen in de regelschakeling verricht.

Toekomstige ontwikkelingen

Gebruik makende van de specifieke eigenschappen van het magnetron met afstemrotor en van de daarbij ontworpen regelschakelingen, kunnen nog andere toepassingen worden verwezenlijkt, die buiten het bereik van de conventionele systemen liggen.

In de eerste plaats kan genoemd worden een systeem waarbij de zendfrequentie van de ene impuls op de andere niet op geheel onregelmatige wijze, maar volgens een vast, van te voren bepaald programma verspringt.

Verder kan men een zender met verspringende frequentie combineren met een zg. frescan-antenne [3], d.i. een antenne waarbij de richting van de hoofdas van de uittredende bundel een functie is van de frequentie. Door elektronisch bestuurde frequentievariatie kan men zodoende een ruimtesector aftasten zonder de antenne mechanisch te bewegen. Het is duidelijk dat hiermee veel hogere aftastsnelheden mogelijk worden, die het beeld op het radarscherm veel rustiger maken en het hinderlijke „vegen" doen verdwijnen.

Ten slotte kan het magnetron met variabele frequentie in militaire systemen worden gebruikt voor doelanalyse en levert het goede resultaten voor het bepalen van de gunstigste frequentie voor een betrouwbare verbinding op een bepaald ogenblik.

[3] Zie hiervoor o.a.: J. Croney, Doubly dispersive frequency scanning antenna (for two plane scanning), Microwave J. **6**, no. 7, 76-80, 1963.

Samenvatting. Het artikel bespreekt een aantal onnauwkeurigheden die in radarwaarnemingen kunnen optreden en verklaart daarna hoe deze kunnen worden geëlimineerd door de frequentie van de radarzender van impuls tot impuls op onregelmatige wijze te doen verspringen. Deze werkwijze geeft tevens een beveiliging tegen gewilde of ongewilde storing door andere radarzenders. Het ontwerpen van een compacte radarinstallatie met verspringende frequentie is mogelijk geworden door de ontwikkeling van het Philips magnetron met afstemrotor, waarvan een beschrijving wordt gegeven. Hieraan aansluitend worden de beginselen aangegeven van een regelschakeling die gedurende elke luisterperiode het verschil in frequentie tussen de zender en de lokale oscillator in de ontvanger gelijk houdt aan diens middenfrequentie.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De APT-programmeertaal voor numerieke besturing van gereedschapswerktuigen

J. Vlietstra

De numerieke besturing van gereedschapswerktuigen heeft in de laatste jaren een grote vlucht genomen. De werkstukgegevens die men aan het besturingsorgaan moet presenteren, zijn echter zo talrijk dat men al spoedig begonnen is hierbij een elektronische rekenmachine in te schakelen. Dit artikel handelt over een programmeertaal waarin men de gegevens op eenvoudige wijze kan coderen. Het beschrijft verder hoe deze gegevens automatisch worden omgezet in de vorm die voor een numeriek bestuurd gereedschapswerktuig vereist is.

De numerieke besturing van gereedschapswerktuigen zoals freesbanken, kotterbanken, draaibanken, tekentafels e.d. deed ruim tien jaar geleden zijn intrede. In het begin stuitte men nog op moeilijkheden van mechanische en elektronische aard, maar deze zijn betrekkelijk snel overwonnen. Men kan nu beschikken over gereedschapswerktuigen die door een zg. *besturingsorgaan* op betrouwbare wijze worden bestuurd [1]. In dit artikel zullen wij ons bezighouden met een nieuwe problematiek die zich daarbij aangediend heeft: de communicatie tussen de ontwerper van een werkstuk en het hierboven genoemde besturingsorgaan. Hoe kan hij op efficiënte wijze daaraan de gegevens over het te maken werkstuk meedelen? Voordat wij hierop dieper ingaan, zullen wij in het kort beschrijven welke gegevens dit orgaan nodig heeft en in welke vorm zij gepresenteerd kunnen worden.

Allereerst geeft men informatie over de baan die het verspanend gereedschap (b.v. een frees) door het te verspanen materiaal moet volgen. Meestal wordt deze baan beschreven door een reeks van discrete punten; het besturingsorgaan stuurt het gereedschap rechtlijnig van het ene voorgeschreven punt naar het volgende. Het gereedschap zal dus b.v. niet precies een cirkelboog kunnen volgen, maar deze wel willekeurig dicht benaderen als men maar voldoende punten voorgeschreven heeft. Verder is het besturingsorgaan zo geconstrueerd dat het zelf tussen de gegeven punten nog een aantal andere kan berekenen door middel van lineaire of kwadratische interpolatie. Wanneer de baan ingewikkeld is, moet men echter toch betrekkelijk veel punten voorschrijven.

Verder deelt men het besturingsorgaan mee welk soort gereedschap het moet gebruiken, met welk toerental en welke verspaningssnelheid het moet werken, e.d. Dit noemt men de gegevens over de zg. werktuigfuncties of hulpfuncties.

J. Vlietstra, medewerker van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven.

De baan van het werktuig kan men dus voorschrijven door middel van een reeks getallen, nl. de coördinaten van de opeenvolgende werktuigposities. Ook de gegevens over de werktuigfuncties kan men coderen in de vorm van letter- en cijfercombinaties. Zij worden geponst in een papierband, en met deze zg. besturingsband wordt het besturingsorgaan gevoed.

Dikwijls moet men een groot aantal, zij het eenvoudige, berekeningen uitvoeren om de opeenvolgende werktuigposities te bepalen, zodat het voor de hand ligt om hierbij een elektronische rekenmachine in te schakelen; de hoeveelheid rekenwerk wordt voor de mens dan aanzienlijk verminderd. Daarna moeten alle gegevens foutloos en in de goede volgorde op de besturingsband gezet worden; dit is nog een bron van fouten die men beslist niet mag onderschatten. Men is daarom al enige tijd geleden begonnen elektronische rekenmachines zo te programmeren dat zij uit zeer weinig, eenvoudig gecodeerde, gegevens over het te maken werkstuk zelf de besturingsband kunnen maken zonder menselijke tussenkomst. Men streefde daarbij tegelijkertijd naar een codering die voor de ontwerper van het werkstuk gemakkelijk hanteerbaar is. Een dergelijke gestandaardiseerde notatie of codering wordt in het algemeen een *programmeertaal* genoemd.

In haar volle omvang is de problematiek met het bovenstaande echter nog niet geschetst. Er bestaan tegenwoordig veel types rekenmachines, en de verscheidenheid van gereedschapswerktuigen is nauwelijks te overzien. Toch is het wenselijk om te streven naar een programmeertaal die *universeel* is: te gebruiken op alle in aanmerking komende rekenmachines, met de

[1] Voor de principes van de numerieke besturing zie b.v.: T. J. Viersma, Enige beschouwingen over numerieke besturing van gereedschapswerktuigen, Philips techn. T. **24**, 165-174, 1962; J. A. Haringx, R. Ch. van Ommering, G. C. M. Schoenaker en T. J. Viersma, Een contourfreesbank met numerieke besturing, Philips techn. T. **24**, 289-323, 1962.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

mogelijkheid besturingsbanden voor allerlei gereedschapswerktuigen te leveren.

Een aantal industrieën, deel uitmakend van de Aerospace Industries Association in de Verenigde Staten, hebben dit al spoedig onderkend. In 1957 namen zij het werk over dat in het Massachusetts Institute of Technology was begonnen, en zij ontwikkelden daaruit de APT-programmeertaal (*A*utomatically *P*rogrammed *T*ools). Vele andere industrieën in de Verenigde Staten gingen over tot samenwerking met de initiatiefnemers. De verdere ontwikkeling van de APT-taal en van bijbehorende rekenprogramma's droegen zij in 1961 op aan het Research Institute van het Illinois Institute of Technology.

Zo is APT langzamerhand de meest gebruikte programmeertaal voor numerieke besturing geworden. In 1964 nodigde men ook Europese industrieën uit tot samenwerking. Het Philipslaboratorium te Eindhoven trad een jaar later toe tot de organisatie.

In dit artikel zullen wij proberen met een voorbeeld duidelijk te maken welke mogelijkheden het APT-systeem biedt aan de ontwerper en aan degene die gespecialiseerd is in het coderen van de gegevens, de zg. werkstukprogrammeur. Een werkstukprogramma, geschreven in de APT-taal, bestaat uit een aantal definities van geometrische vormen, gevolgd door een reeks bewegingsopdrachten. Het bijbehorende APT-rekenprogramma verwerkt deze definities en opdrachten, spoort voor zover mogelijk eventuele fouten op, en maakt ten slotte een besturingsband. Verder kan het ook, als men dit wenst, een *lijst* van alle gedefinieerde en alle berekende grootheden produceren. Dit is een goed hulpmiddel om fouten in het werkstukprogramma te vinden. Een APT-rekenprogramma blijkt ook goed bruikbaar te zijn bij het *ontwerpen* van een werkstuk. De APT-taal is namelijk zeer flexibel, zodat men een groot aantal onderling verschillende tekeningen of modellen van een werkstuk kan laten maken door telkens enkele bewegingsopdrachten of parameters enigszins te wijzigen.

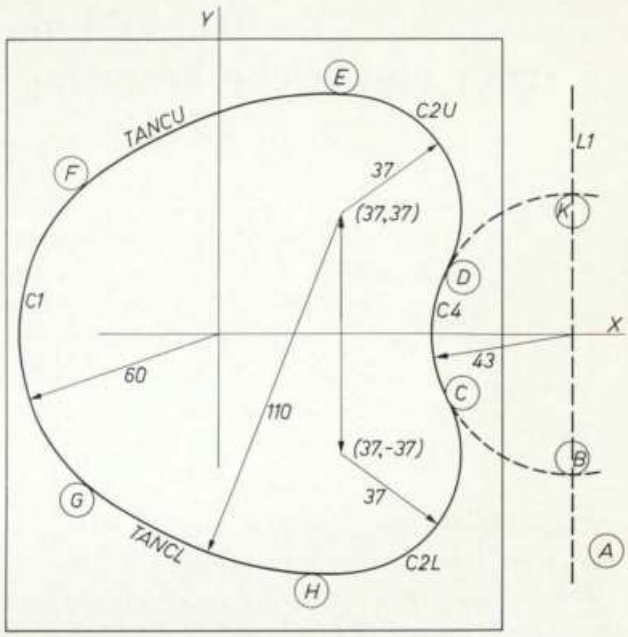


Fig. 1. Werktekening van een nokschijf. Aan de geometrische elementen van de omtrek zijn symbolische namen toegekend, die in het werkstukprogramma gedefinieerd worden. De cirkeltjes stellen posities voor die de frees in de volgorde van de ingeschreven letters moet doorlopen.

Een werkstukprogramma in de APT-taal

We zullen nu laten zien hoe men een werkstukprogramma maakt voor het frezen van de nokschijf die getekend is in *fig. 1*. Deze schijf moet gefreesd worden uit een plaat metaal of kunststof. In fig. 1 zijn alle afmetingen en de symbolische namen van de voorkomende geometrische elementen vermeld. We zullen deze namen verderop verklaren. Men noemt dit werkstuk tweedimensioneel, omdat tijdens het frezen het middelpunt van de frees zich steeds in hetzelfde vlak blijft bewegen; de as van de frees is hierbij loodrecht op dit „grondvlak" gericht. *Fig. 2* toont, ter verduidelijking van onze bedoeling, een doorsnee door het werkstuk en door het lichaam van een cilindrische frees met een vlakke onderkant. Men ziet hier de as van de frees en het freesmiddelpunt, d.i. het snijpunt van de as met de onderkant van de frees.

Het werkstukprogramma voor het maken van de besturingsband vindt men in *fig. 3*. Het begint met een aantal algemene gegevens: de werkstukprogrammeur geeft hier het nummer van het werkstuk, hij omschrijft de vorm en de afmetingen van de frees die gebruikt moet worden en de toleranties op de afmetingen van het werkstuk, hij specificeert welke lijsten hij als neven-resultaat verlangt, e.d. Vervolgens vindt men de defini-

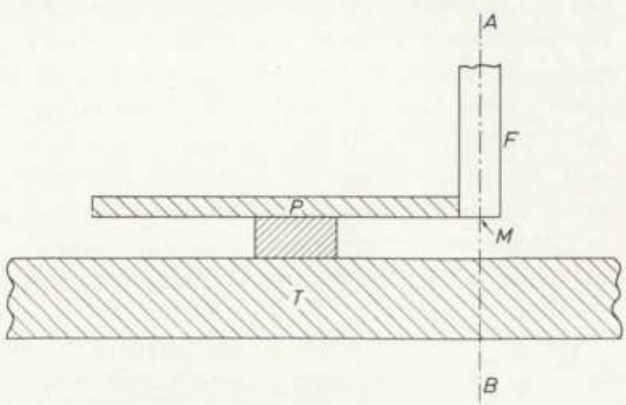


Fig. 2. Doorsnee van een cilindrische frees *F* met vlakke onderkant, en van de te verspanen plaat *P*, vastgeklemd op de tafel *T*, tijdens het frezen van de in fig. 1 gegeven nokschijf. De streep-stip-lijn *AB* is de as van de frees. Onder het freesmiddelpunt *M* verstaat men het snijpunt van de as met de onderkant van de frees.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023


```
PARTNO   NOKSCHYF TEK,NR, 2AZ85636                                    00
         MACHIN/COBRA                                                10
         CLPRNT                                                      20
         CUTTER/4                                                    30
         INTOL/.01                                                   40
         OUTTOL/.01                                                  50
         C1=CIRCLE/0,0,60                                            60
         C2U=CIRCLE/37,37,37                                         70
         C2L=CIRCLE/37,-37,37                                        80
         TANCU=CIRCLE/YSMALL,IN,C1,IN,C2U,RADIUS,110                 90
         TANCL=CIRCLE/YLARGE,IN,C1,IN,C2L,RADIUS,110                100
         C4=CIRCLE/XLARGE,OUT,C2U,OUT,C2L,RADIUS,43                 110
         PL1=PLANE/0,0,1,0                                          120
         L1=LINE/(POINT/CENTER,C4),ATANGL,90                        130
         SPINDL/ON                                                  140
         FEDRAT/100                                                 150
         FROM/120,-70,0                                             160
         GO/PAST,C4,TO,PL1,ON,L1                                    170
         GOLFT/C4,TANTO,C2U                                         180
         GOFWD/C2U,TANTO,TANCU                                      190
         GOFWD/TANCU,TANTO,C1                                       200
         GOFWD/C1,TANTO,TANCL                                       210
         GOFWD/TANCL,TANTO,C2L                                      220
         GOFWD/C2L,TANTO,C4                                         230
         GOFWD/C4,ON,L1                                             240
         RAPID                                                      250
         GOTO/120,-70,0                                             260
         END                                                        270
         FINI                                                       280
```

Fig. 3. Werkstukprogramma voor het maken van de in fig. 1 gegeven nokschijf.

ties van de geometrische elementen waaruit de vorm van de nokschijf bestaat. Ten slotte volgen dan de bewegingsopdrachten. De programmeur omschrijft hier de opeenvolgende verplaatsingen van de frees en geeft daarbij ook de vereiste werktuigfuncties aan.

We zullen het werkstukprogramma nu voor zover nodig in detail gaan bespreken. (In het programma zijn alle definities en opdrachten genummerd.)

a) Algemene gegevens.

PARTNO NOKSCHIJF TEK. NR. 2AZ85636

Ieder werkstukprogramma moet beginnen met de instructie PARTNO gevolgd door de naam en het nummer van het werkstuk.

MACHIN/COBRA

De besturingsband moet geschikt zijn voor de COBRA-tekentafelcombinatie [2], die behalve teken- en graveerbewerkingen ook freesbewerkingen in bepaalde kunststoffen (methacrylaat) kan uitvoeren. De codering COBRA geeft aan dat de post-processor (zie hieronder) met de symbolische naam COBRA gebruikt moet worden.

CLPRNT

Er wordt een lijst gevraagd van alle berekende posities van de frees (Cutter Locations Print).

CUTTER/4

Omschrijving van de vorm van de frees. In dit geval wordt de eenvoudigste vorm omschreven: een cilindrische frees met vlakke onderkant en met een diameter van 4 mm.

INTOL/.01

„Inwendige" tolerantie. De frees mag de gewenste omtrek van de nokschijf met niet meer dan 0,01 mm overschrijden.

OUTTOL/.01

„Uitwendige" tolerantie. De afstand van de frees tot de gewenste omtrek mag niet meer dan 0,01 mm bedragen.

b) Definities van geometrische elementen.

C1 = CIRCLE/0, 0, 60

Definitie van een cirkel met middelpunt (0, 0) en met een straal van 60 mm. Deze cirkel krijgt de symbolische naam C1. In de rest van het programma zal men, als deze cirkel bedoeld is, ook alleen deze naam tegenkomen.

C2U = CIRCLE/37, 37, 37

Definitie van de cirkel C2U met middelpunt (37, 37) en met een straal van 37 mm.

C2L = CIRCLE/37, −37, 37

Soortelijke definitie als C2U.

TANCU = CIRCLE/YSMALL, IN, C1, IN, C2U, RADIUS, 110

Definitie van de cirkel TANCU. Deze heeft een straal van 110 mm en raakt inwendig aan de cirkels C1 en C2U. Van de beide cirkels die aan deze eisen voldoen, wordt diegene gewenst waarvan de *Y*-coördinaat van het middelpunt het kleinst is (YSMALL).

TANCL = CIRCLE/YLARGE, IN, C1, IN, C2L, RADIUS, 110

Soortgelijke definitie als TANCU.

C4 = CIRCLE/XLARGE, OUT, C2U, OUT, C2L, RADIUS, 43

De cirkel C4 heeft een straal van 43 mm en raakt uitwendig aan C2U en C2L. Van de beide mogelijkheden wordt diegene gewenst waarvan de *X*-coördinaat van het middelpunt het grootst is.

[2] R. Ch. van Ommering en G. C. M. Schoenaker, De COBRA, een kleine digitale rekenmachine voor numerieke besturing van gereedschapswerktuigen, Philips techn. T. **27**, 285-298, 1965/66 (no. 11).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

PL1 = PLANE/0, 0, 1, 0

Het vlak PL1 is het vlak dat beschreven wordt door de vergelijking:

$$0 \times X + 0 \times Y + 1 \times Z = 0.$$

In dit geval is PL1 dus het XY-vlak.

L1 = LINE/(POINT/CENTER, C4), ATANGL, 90

De lijn L1 gaat door het middelpunt van C4 en staat loodrecht op de X-as (ATANGL, 90).

c) Bewegingsopdrachten.

SPINDL/ON

De frees moet gaan roteren. Het aantal omwentelingen per seconde behoeft voor de COBRA niet gespecificeerd te worden. Deze instructie blijft geldig tot de eerstvolgende opdracht betreffende de draaisnelheid.

FEDRAT/100

De verplaatsingssnelheid of voedingssnelheid van de frees moet, waar mogelijk, 100 mm/s bedragen. Deze instructie blijft geldig tot de eerstvolgende opdracht die op de voeding betrekking heeft.

FROM/120, —70, 0

De beweging van de frees start met het freesmiddelpunt in het punt $X = 120$, $Y = -70$, $Z = 0$ (positie A in fig. 1).

GO/PAST, C4, TO, PL1, ON, L1

Breng de frees rechtlijnig van positie A naar B. Wanneer de frees daar aangekomen is, heeft hij de cirkel C4 gepasseerd en raakt nu aan C4 (beide voorwaarden zijn opgesloten in de code PAST, C4); de onderkant van de frees raakt het vlak PL1 (gecodeerd als TO, PL1) en het freesmiddelpunt ligt dan op de lijn L1.

GOLFT/C4, TANTO, C2U

Beweeg de frees naar links, langs de cirkel C4 totdat hij raakt aan (tangent to) de cirkel C2U (positie D in fig. 1).

GOFWD/C2U, TANTO, TANCU

Beweeg de frees verder voort langs C2U totdat hij raakt aan de cirkel TANCU (positie E in fig. 1).

De hierna volgende bewegingsopdrachten (200 tot en met 230 in het programma, zie fig. 3) spreken nu voor zichzelf. Wanneer de laatste hiervan is uitgevoerd, bevindt de frees zich in positie C. Het programma gaat dan als volgt verder.

GOFWD/C4, ON, L1

Beweeg de frees voorwaarts langs C4 totdat het freesmiddelpunt op de lijn L1 is aangekomen (positie K).

RAPID

Deze instructie heeft betrekking op de voeding van de frees. Van nu af aan moet hij zich met de maximale snelheid verplaatsen. Opdracht 150 is vervallen.

GOTO/120, —70, 0

De frees moet zich nu verplaatsen naar zijn uitgangspunt.

END

Stop de roterende beweging van de frees.

FINI

Einde van het werkstukprogramma. Alle definities en opdrachten moeten zich dus bevinden tussen PARTNO en FINI.

De verwerking door het APT-rekenprogramma

Een APT-rekenprogramma zorgt ervoor dat de rekenmachine in grote lijnen de volgende bewerkingen uitvoert.

1) Het werkstukprogramma wordt ingelezen en de definities en opdrachten worden in een andere code vertaald. Intussen kan de machine al enkele syntactische en wiskundige fouten in het werkstukprogramma opsporen. Men spreekt b.v. van een syntactische fout wanneer in een bewegingsopdracht een symbolische naam voorkomt die niet tevoren gedefinieerd is. Ook schrijffouten in begripsnamen als CIRCLE, LINE, POINT e.d. worden als syntactische fouten aangemerkt. Een voorbeeld van een wiskundige fout is de definitie van een punt als snijpunt van twee evenwijdige lijnen, of een niet-ondubbelzinnige definitie van een cirkel (men denke aan de ingewikkelde eisen om de cirkels TANCU en TANCL vast te leggen; controle is hier zeker niet overbodig). Ten slotte berekent de machine de standaardvorm of kanonieke vorm van de verschillende geometrische elementen. Van iedere cirkel b.v. berekent hij uit de vermelde geometrische voorwaarden van raken, enz. de coördinaten van het middelpunt en de straal. De overige delen van het rekenprogramma kunnen uitsluitend met deze standaardvorm werken.
2) De machine berekent nu de opeenvolgende posities van het freesmiddelpunt, die voor het besturingsorgaan van het gereedschapswerktuig bestemd zijn. Hierbij wordt rekening gehouden met de gegeven vorm van het werktuig, de gespecificeerde toleranties, e.d. Het besturingsorgaan zal de frees rechtstreeks van de ene positie naar de volgende doen bewegen. Hoe kleiner de voorgeschreven toleranties zijn, des te groter is het aantal punten dat het rekenprogramma moet laten berekenen.
3) Al deze gegevens over de baan van de frees moeten nu nog verwerkt worden door een „post-processor". Een dergelijk onderdeel van het APT-rekenprogramma zorgt dat de gegevens worden omgezet in de vorm die voor het specifieke gereedschapswerktuig (in ons voorbeeld de COBRA-tekentafel-combinatie) vereist is. Alle opdrachten die op de werk-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

tuigfuncties betrekking hebben, worden dan ook zonder meer aan de post-processor doorgegeven. Hier vindt opnieuw een controle op fouten plaats. Wanneer b.v. de opdracht SPINDL/ON, die de frees laat roteren, ontbreekt, wordt dit onmiddellijk gesignaleerd.

Bij de ontwikkeling van APT heeft men steeds onderscheid gemaakt tussen de onder (1) en (2) genoemde bewerkingen enerzijds, die taalkundig en mathematisch van aard zijn, en het onder (3) genoemde proces anderzijds, dat afhangt van het gereedschapswerktuig. Dit onderscheid is in het APT-rekenprogramma duidelijk terug te vinden. De onderdelen die voor de vertaling en de berekening van de werktuigposities zorgen, vormen te zamen een afgerond rekenprogramma. Het is echter zo geschreven dat de post-processors hieraan gemakkelijk toegevoegd kunnen worden. Welke voordelen dit biedt, spreekt voor zichzelf. Wij zijn dan ook van mening dat men met deze opzet een bijzonder gelukkige greep heeft gedaan.

In het Philipslaboratorium te Eindhoven zijn een aantal post-processors ontwikkeld, nl. voor de kotterbank van Giddings en Lewis, voor de kotterbank van Scharmann, voor de gereedschapswerktuigen Milwaukee-Matic, voor een driedimensionele freesbank Numeric-Keller, en voor de COBRA-tekentafel-combinatie. Laatstgenoemde post-processor werd in ons voorbeeld aangeroepen met zijn symbolische naam COBRA. De vier post-processors maken deel uit van het APT-rekenprogramma voor de rekenmachine Control Data 3600 in Philips' Rekencentrum.

Resultaten

De procedure die we hierboven hebben beschreven, geeft de volgende resultaten.

1) De verificatielijst van het werkstukprogramma. Deze lijst bevat weer alle definities en opdrachten van het oorspronkelijke werkstukprogramma. Eventuele foutenindicaties worden afgedrukt onmiddellijk na de instructie waarin de fout werd aangetroffen.

2) De lijst van alle berekende posities van het middelpunt van het gereedschap. Dit is voor de programmeur een belangrijk hulpmiddel om eventuele fouten op te sporen die door het rekenprogramma niet ontdekt kunnen worden. Het werkstukprogramma kan nl. syntactisch goed zijn, terwijl toch het resultaat niet altijd behoeft overeen te stemmen met de bedoeling van de programmeur. Het begin van deze lijst behorend bij ons voorbeeld wordt getoond in *fig. 4*.

3) De besturingsband. Deze kan rechtstreeks aan het gereedschapswerktuig toegevoerd worden. Dikwijls laat men echter eerst met behulp van de band een tekening maken, zodat men de baan van het gereedschap kan bekijken en nameten. Men kan bij de voorbereiding zelfs nog verder gaan en de band gebruiken voor het maken van een houten model om eerst de

```
    NOKSCHYF TEK,NR, 2AZ89636                                  CARD NO,     00 TAPE NO,    2
MACHIN/COBRA   ,0                                              CARD NO,     10 TAPE NO,    4
CUTTER/   4,0000
                                                               CARD NO,     30 TAPE NO,    6
 INTOL/   0,0100   0,0100   0,0100
                                                               CARD NO,     40 TAPE NO,    8
OUTTOL/   0,0100   0,0100   0,0100
                                                               CARD NO,     50 TAPE NO,   10
                                                               CARD NO,    140 TAPE NO,   12
 SPINDL  /     ON
                                                               CARD NO,    150 TAPE NO,   14
 FEDRAT  /  100,0000
 FROM                                                          CARD NO,    160 TAPE NO,   16
                    X             Y             Z
              120,0000000   -70,0000000    0,0000000
 DS IS/C4                                                      CARD NO,    170 TAPE NO,   18
                    X             Y             Z
              107,9299425   -41,0000000    0,0000000
C4    (   01 = CIRCLE/ 107,9295   0,0000   0,0000   43,0000   CARD NO,    180 TAPE NO,   20
 DS IS/C4                                                      CARD NO,    180 TAPE NO,   21
                    X             Y             Z
              105,4351204   -40,9340684    0,0000000
              102,8950453   -40,6998027    0,0000000
              100,3744483   -40,3080718    0,0000000
               97,8830815   -39,7603914    0,0000000
               95,4309839   -39,0588804    0,0000000
               93,0264441   -38,2062528    0,0000000
               90,6799634   -37,2058076    0,0000000
               88,4002203   -36,0614153    0,0000000
```

Fig. 4. Eerste gedeelte van de lijst van posities van het freesmiddelpunt, die met het APT-rekenprogramma werden berekend om de besturingsband voor de in fig. 1 gegeven nokschijf te maken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

vorm van het werkstuk te bekijken voordat er kostbaar materiaal wordt verwerkt. Een controletekening van de nokschijf vindt men in *fig. 5*. Deze tekening, gemaakt door de COBRA-tekentafel-combinatie, toont de omtrek van de nokschijf en de baan van het freesmiddelpunt.

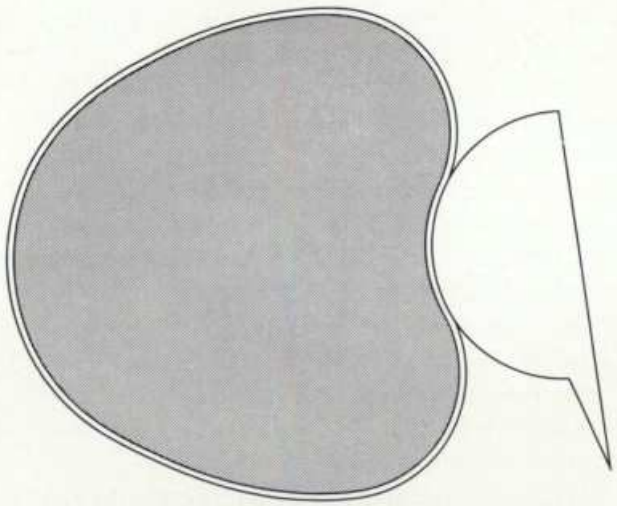


Fig. 5. Omtrek van de nokschijf en baan van het freesmiddelpunt. Deze tekening werd gemaakt door de COBRA-tekentafel-combinatie, gevoed met de besturingsband die het resultaat is van het in fig. 3 weergegeven werkstukprogramma. Een dergelijke tekening kan gebruikt worden als laatste controle van de besturingsband.

Driedimensionele werkstukken

We zullen het voorbeeld nu niet verder bespreken. We nemen aan dat de gang van zaken voldoende duidelijk geworden is, zodat we thans enkele methodes voor het frezen van *driedimensionele* werkstukken in wat grotere trekken kunnen beschrijven.

De eenvoudigste methode is wel die waarbij men het freesmiddelpunt steeds laat bewegen in een vlak evenwijdig aan het grondvlak (het XY-vlak) terwijl de as van de frees niet van richting verandert. Telkens wanneer de frees eenmaal om het werkstuk heen is, wordt dit vlak enigszins in de Z-richting verschoven. Dit maakt het schrijven van het werkstukprogramma heel eenvoudig. De programmeur definieert de freesbaan als functie van de parameter Z. Het rekenprogramma zorgt dat de rekenmachine bij iedere gewenste waarde van Z de opeenvolgende posities van het freesmiddelpunt berekent. Een dergelijk werkstukprogramma wordt wel eens $2\frac{1}{2}$-dimensioneel genoemd. Het brengt een driedimensioneel probleem terug tot een reeks van tweedimensionele problemen.

Het is in het APT-systeem ook mogelijk echt driedimensioneel te werken met een drieassig, vierassig, of zelfs vijfassig werktuig. De plaats en stand van b.v. een vijfassig bestuurde frees worden gekarakteriseerd door vijf getallen: de X-, Y- en Z-coördinaat van het freesmiddelpunt en twee getallen om de richting van de as vast te leggen. Men maakt van deze mogelijkheid vaak gebruik wanneer het oppervlak van het werkstuk een regeloppervlak is. Men denke b.v. aan een afgeknotte kegel: door ieder punt van het zijoppervlak gaat een rechte die geheel tot dat oppervlak behoort. Een vijfassige frees kan zo bestuurd worden dat hij op ieder moment over zijn gehele lengte raakt aan dit zijoppervlak.

Op sommige freesbanken heeft de frees een vaste stand en beweegt een tafel ten opzichte van de frees. In de APT-taal is hiermee op het eerste gezicht geen rekening gehouden. De werkstukprogrammeur stelt zich een vaste tafel voor en een frees die ten opzichte van het werkstuk beweegt. De specifieke eigenschappen van een dergelijk werktuig komen echter pas in een post-processor tot uitdrukking. Dit onderdeel van het APT-rekenprogramma kan ook zodanig zijn dat het de berekende gegevens over de freesbaan omzet in gegevens waarmee de tafel bestuurd wordt. Op deze manier zijn onnodige complicaties in de APT-taal vermeden.

Lineaire transformaties in APT

De grote flexibiliteit van de APT-taal komt ook goed tot uiting in het gemak waarmee men schaalveranderingen, translaties, spiegelingen en draaiingen kan laten uitvoeren. We zullen dit toelichten met een klein voorbeeld. *Fig. 6* toont hoe vier identieke haken uit één plaat gefreesd moeten worden. De werkstukprogrammeur schrijft nu om te beginnen alle bewegingsopdrachten die nodig zijn om haak *1* te frezen. Hij geeft daarbij in code aan dat deze reeks opdrachten opgevat moet worden als een zg. macro-instructie en kent daaraan een symbolische naam toe, b.v. HAAK. Ten slotte schrijft hij de volgende opdrachten.

a) Een draaiing van 180° om de oorsprong, gevolgd door een aanroep van de macro-instructie HAAK; in de APT-taal wordt dit als volgt gecodeerd:

M1 = MATRIX/XYROT, 180
CALL/HAAK, MATRX = M1

b) Een spiegeling ten opzichte van de Y-as en een translatie van —120 mm in de X-richting, weer gevolgd door een aanroep van de macro-instructie HAAK; in de APT-taal luiden deze opdrachten als volgt:

M2 = MATRIX/MIRROR, ZXPLAN, T, —120, 0
CALL/HAAK, MATRX = M2

c) Een spiegeling ten opzichte van de X-as en een translatie van —120 mm in de X-richting, gevolgd door een soortgelijke aanroep als boven.

Het APT-rekenprogramma zal de opeenvolgende posities van het freesmiddelpunt laten berekenen die

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

vereist zijn voor het frezen van haak *1*. Daarna wordt de onder (a) genoemde draaiing uitgevoerd, waarmee men alle gegevens voor het frezen van haak *2* verkrijgt. De onder (b) en (c) genoemde opdrachten geven dezelfde informatie betreffende haak *4*, resp. *3*. De werkstukprogrammeur kan echter volstaan met bewegingsopdrachten die alleen op haak *1* betrekking hebben!

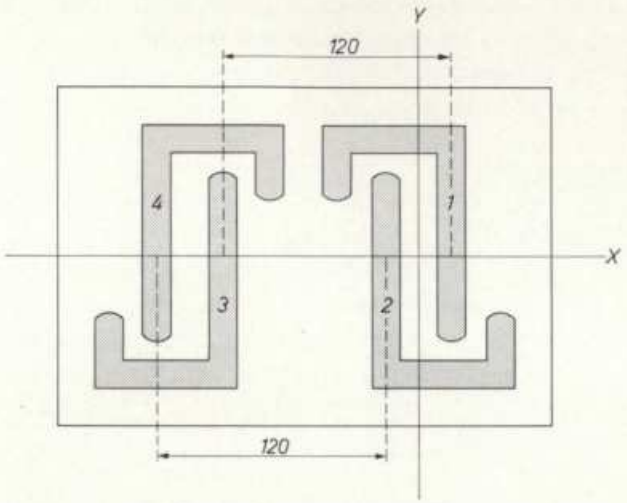


Fig. 6. Vereenvoudigde werktekening voor het frezen van vier identieke haken.

Toekomstige ontwikkelingen

Men is op het ogenblik bezig met de ontwikkeling van een nieuw APT-rekenprogramma, dat ten opzichte van de bestaande programma's ingrijpend gewijzigd zal zijn. We kunnen hierop niet diep ingaan, maar we willen enkele belangrijke voordelen opnoemen die de gebruiker mag verwachten van het toekomstige APT-rekenprogramma.

Allereerst probeert men het zoveel mogelijk „machine-onafhankelijk" te maken: men schrijft de onderdelen (subroutines) van het programma voor zover dit kan in de veel gebruikte programmeertaal FORTRAN, zodat de gebruiker met weinig moeite het rekenprogramma kan aanpassen aan de rekenmachine waarover hij beschikt.

De controle op syntactische fouten wordt verscherpt. De vertaling van de APT-instructies zal in de nieuwe opzet strenger van de rekenprocedures gescheiden zijn dan in de huidige rekenprogramma's. Men vermijdt op deze manier dat onnodig veel rekentijd verloren gaat als in het werkstukprogramma syntactische fouten voorkomen.

Nog meer dan tegenwoordig wil men rekening houden met eventuele uitbreidingen. Het rekenprogramma wordt zo geschreven dat men subroutines die nieuwe geometrische vormen verwerken daaraan gemakkelijk kan toevoegen. Het zal ook mogelijk zijn in een werkstukprogramma subroutines op te nemen die in FORTRAN geschreven zijn, b.v. subroutines die parametrisch gedefinieerde oppervlakken berekenen[3]. De werkstukprogrammeur behoeft zich dan niet meer te beperken tot de APT-taal, maar hij heeft ook alle faciliteiten van FORTRAN tot zijn beschikking.

[3] De coördinaten x_1, x_2 en x_3 van de punten op een parametrisch gedefinieerd oppervlak zijn functies van twee parameters u en v, dat wil zeggen $x_1 = x_1(u, v)$, $x_2 = x_2(u, v)$ en $x_3 = x_3(u, v)$.

Verder probeert men nu al te denken aan andere dan de conventionele uitvoerapparaten van rekenmachines. De huidige APT-rekenprogramma's zijn geschreven voor het gebruik van snelle regeldrukkers, kaartponsers en papierbandponsers. Er is echter een dringende behoefte aan apparaten die een gemakkelijker communicatie tussen mens en rekenmachine mogelijk maken, b.v. door tussenresultaten van berekeningen op een beeldbuis aanschouwelijk te presenteren in de vorm van leesbare tekst, grafieken, diagrammen, e.d. Anderzijds moet de mens, die op grond van deze gegevens wijzigingen wil aanbrengen, in staat gesteld worden om nieuwe opdrachten onmiddellijk aan de rekenmachine mee te delen. De ontwikkeling van dergelijke apparaten is van recente datum, maar veelbelovend.

Slotbeschouwing

Aan de hand van enkele voorbeelden hebben we laten zien hoe men met in de APT-taal gecodeerde opdrachten aan een rekenmachine de gegevens voor het maken van een werkstuk kan meedelen. Met het APT-rekenprogramma berekent de machine hieruit alle gegevens die een numeriek bestuurd gereedschapswerktuig nodig heeft, en hij prepareert de besturingsband. Wij zijn dan ook geneigd om het woord „numerieke besturing" te vervangen door „symbolische besturing". Men presenteert immers niet een reeks van getallen aan een besturingsorgaan, maar een reeks van symbolen aan een rekenmachine.

De introductie van het APT-systeem is een belangrijke stap op de weg naar automatisering van de werkstukfabricage. Voor sommige werkstukken is het al ondenkbaar dat men de besturingsband met de hand zou kunnen maken. Hier heeft het APT-systeem de bestaande mogelijkheden aanzienlijk verruimd. Echter ook de fabricage van eenvoudige werkstukken is veel gemakkelijker gemaakt. Zodra men beschikt over een foutloze besturingsband, kan men de produktie willekeurig vaak herhalen. Men kan, dank zij de binnenkort gestandaardiseerde APT-taal, de fabricage ook uitbesteden, aangezien de produktiewijze is vastgelegd in het werkstukprogramma. De ontwikkeling van het APT-systeem komt dus niet alleen aan de ontwerpers en werkstukprogrammeurs ten goede; het bevordert ook een efficiënte gang van zaken in de produktie-afdelingen.

Samenvatting. Dit artikel geeft een korte beschrijving van de APT-programmeertaal. Het toont het APT-werkstukprogramma voor het maken van een nokschijf, behandelt uitvoerig de betekenis van de geometrische definities en bewegingsopdrachten, en beschrijft in grote lijnen hoe deze worden verwerkt door een APT-rekenprogramma. Aandacht wordt daarbij ook besteed aan de controle op fouten. De manier waarop de programmering van driedimensionele werkstukken verloopt, komt ter sprake. Een beschrijving van de gemakkelijke wijze waarop spiegelingen, draaiingen, translaties e.d. uitgevoerd kunnen worden, geeft een indruk van de flexibiliteit van APT. Een schets van de toekomstige ontwikkelingen besluit het artikel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Een kleurentelevisiecamera met „Plumbicon" opneembuizen

H. Breimer, W. Holm en S. L. Tan

De introductie van de „Plumbicon" televisie-opneembuis heeft geleid tot nieuwe concepties voor de kleurentelevisiecamera — zowel wat betreft de optiek als wat betreft de mechanische constructie en de elektronische schakelingen. De gezichtspunten voor het ontwerp van een thans door Philips op de markt gebrachte kleurentelevisiecamera met alle accessoires worden in dit artikel vrij uitvoerig besproken, en er worden enkele opmerkingen over de praktische ervaringen met deze camera's gemaakt.

Inleiding

De „Plumbicon" [*] opneembuis heeft een aantal eigenschappen die maken dat voor de ontwikkeling van een kleurentelevisiecamera met deze buizen andere gezichtspunten gelden dan voor camera's met beeldorthicons. Dit betreft zowel het optische als het mechanische en het elektronische gedeelte. De veel geringere afmetingen van de „Plumbicon" buis en van het bijbehorende stel deflexie- en focusseerspoelen hebben de toepassing van een nieuw kleurscheidingssysteem mogelijk gemaakt, dat niet alleen in optisch opzicht gunstiger is dan de tot dusver gebruikelijke systemen maar door zijn kleinheid ook een geheel andere bouw van de camera toelaat. Het resultaat is dat de afmetingen en het gewicht van de camera niet groter worden dan die van vele gebruikelijke zwart-wit-camera's. In elektrisch opzicht wordt de „Plumbicon" buis vooral gekenmerkt door het lineaire verloop van de buiskarakteristiek en de geringe variatie hiervan bij variaties van temperatuur en spanning, alsmede door een signaalstroom die nagenoeg vrij is van ruis en storende componenten en door een nulniveau van het signaal dat dankzij de verwaarloosbaar kleine donkerstroom vrijwel constant is. In hetgeen volgt zullen we zien hoe bij het ontwerp van een kleurentelevisie-installatie met deze eigenschappen rekening gehouden is [1] [2].

Een televisie-installatie voor de studio of voor buitenopnamen bevat altijd twee delen: 1) de op een verplaatsbaar statief gemonteerde camera, 2) het controlerek, dat zich in de controlekamer bevindt. Deze twee gedeelten zijn met elkaar verbonden door een kabel met de nodige aderparen en coaxiale geleiders, die bij buitenopnamen enige honderden meters lang kan zijn. Alle elektrische regelingen zijn in het controlerek bijeengebracht en toevertrouwd aan een technicus die de beeldkwaliteit bewaakt, terwijl de cameraman alleen belast is met het richten van de camera en het focusseren van het objectief. Deze indeling geldt ook voor kleurentelevisie-installaties en het spreekt vanzelf dat men, gezien het omvangrijke elektronische gedeelte van zulke installaties, ernaar streeft het laatstgenoemde gedeelte zoveel mogelijk onder te brengen in het controlerek.

Fig. 1 toont de camera met „Plumbicon" buizen die we hier willen bespreken. Het bijbehorende controlerek, dat eveneens in het kort zal worden behandeld, is verderop in dit artikel afgebeeld (fig. 8).

Alvorens we de camera gaan bespreken, geven we een korte recapitulatie van het simultane kleurentelevisiesysteem, dat thans de grondslag vormt voor alle studio-installaties voor kleurentelevisie. De lichtkegel die door het objectief de camera binnentreedt wordt door een stelsel van twee kleurselectieve spiegels zodanig in drie richtingen verdeeld dat naar elke richting slechts een bepaald golflengtegebied van het lichtspectrum gaat. Zo ontstaan drie lichtkegels, die resp. een rood, groen en blauw kleurextract van het opgenomen beeld bevatten. Het convergeren van de lichtstralen van het objectief tot een scherp beeld in het beeldvlak wordt door het spiegelsysteem niet verstoord, zodat op drie onderling gelijke opneembuizen, die men in de lichtkegels plaatst, scherpe en geometrisch congruente afbeeldingen in de primaire kleuren rood, groen en blauw ontstaan.

De kleursignalen R, G en B, die door het normale aftastproces uit deze buizen worden afgeleid, vormen de grondslag voor de latere reconstructie van het volledi-

Ir. H. Breimer en ir. W. Holm, medewerkers van Philips' Hoofdindustriegroep ELA, Eindhoven; ir. S. L. Tan, medewerker van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven.

[*] Gedeponeerd merk voor televisiecamerabuizen.

[1] De „Plumbicon" buis en zijn eigenschappen zijn uitvoerig besproken in: E. F. de Haan, A. van der Drift en P. P. M. Schampers, Philips techn. T. **25**, 277-295, 1963.

[2] Een vergelijking tussen de eigenschappen van de „Plumbicon" buis en die van andere televisie-opneembuizen is gemaakt in: A. G. van Doorn, Philips techn. T. **27**, 93-107, 1965/66 (no. 4).

[3] De vrije beeldafstand van een objectief is de afstand die men ter beschikking heeft tussen het beeldvlak en het achterste gedeelte van het objectief, meestal de vatting van de laatste lens.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ge kleurenbeeld in de ontvanger. Ze leveren daar drie geometrisch precies op elkaar vallende deelbeelden in de primaire kleuren rood, groen en blauw, waarvan de gelijktijdige aanwezigheid bij de waarnemer de indruk van een beeld in de natuurlijke kleuren teweegbrengt (additieve kleurenmenging).

De camera

De onderdelen van iedere kleurentelevisiecamera kan men in drie groepen samenvatten: het objectief met het kleurscheidingssysteem; het opneemsysteem met de buizen en de spoelen voor deflexie en focussering; en het elektronische gedeelte. Terwijl binnen de eerste groep bijna uitsluitend optische problemen moeten worden opgelost, speelt in de tweede groep het mechanische precisiewerk een belangrijke rol en draagt voor de derde groep de schakelingsdeskundige de verantwoording. Enkele van de op deze uiteenlopende gebieden zich voordoende problemen zullen in hetgeen volgt worden besproken.

Objectief en kleurscheidingssysteem

Een essentieel verschil tussen zwart-wit- en kleurencamera's is dat bij de laatstgenoemde het objectief een zeer grote vrije beeldafstand moet hebben [3], ten einde het kleurscheidende systeem tussen objectief en opneembuizen te kunnen onderbrengen. Een dergelijk systeem bestaat uit de beide reeds vermelde kleurselectieve spiegelende lagen, waardoor b.v. de rode en de blauwe lichtkegel naar opzij worden gekaatst, terwijl de groene lichtkegel door beide lagen heen gaat en rechtstreeks op de „groene" opneembuis valt (*fig. 2*).

Fig. 1. De camera in geopende toestand, doch verder gereed voor gebruik. Links is het in een afzonderlijke omhulling gemonteerde Zoom-objectief aan de camera bevestigd. Direct rechts hiervan het kleine ingekapselde kleurscheidingssysteem, en hierop in drie verschillende richtingen aansluitend de „Plumbicon" buizen met hun spoelenstelsels voor deflexie en focussering en met hun voorversterkers. De overige ruimte van de camera wordt ingenomen door versterkers en tijdbasisschakelingen. Aan het handvat voor het richten van de camera bevinden zich bedienknoppen voor scherpstelling en regeling van de brandpuntsafstand van het Zoom-objectief.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

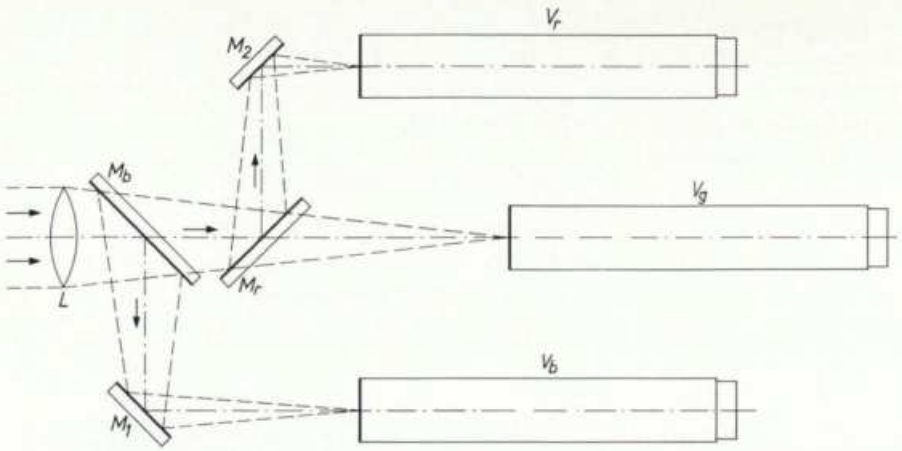


Fig. 2. Principe van de kleurscheiding in televisiecamera's. L objectief. M_b en M_r kleurselectieve spiegels, die het blauwe en daarna het rode gedeelte van het licht afbuigen, terwijl het groene onbelemmerd naar de opneembuis V_g doorloopt. M_1 en M_2 gewone vlakke spiegels, die de afgebogen blauwe en rode gedeelten van het licht nogeens terugkaatsen, zodat de opneembuizen V_b en V_r evenwijdig met V_g kunnen worden geplaatst. Bovendien wordt door de tweede spiegeling de verwisseling van rechts en links weer opgeheven.

De beide eerstgenoemde lichtkegels worden door hernieuwde terugkaatsing aan gewone vlakke spiegels in richtingen evenwijdig aan de optische hoofdas geworpen, waarna men ze op de bijbehorende opneembuizen laat vallen.

De dubbele spiegeling is van belang om de verwisseling van rechts en links, die bij enkele spiegeling optreedt, weer op te heffen. De verwisseling zou men weliswaar ook door omkeren van de aftastrichting in de buis kunnen compenseren. Het feit echter dat de spoelenstelsels nooit geheel symmetrische deflexie-eigenschappen hebben zou dan zekere afwijkingen in de congruentie tussen het normaal afgetaste groene beeld en de tegengesteld afgetaste rode en blauwe beelden veroorzaken. Hiervoor is vrijwel geen correctie mogelijk, en de drie deelbeelden zouden derhalve in de ontvanger niet volledig tot dekking kunnen worden gebracht.

Dat de opneembuizen dank zij de hernieuwde spiegeling evenwijdig kunnen worden geplaatst, draagt eveneens bij tot het zo volledig mogelijk op elkaar vallen van de deelbeelden. In dat geval is nl. het effect van het aardmagnetisme en van eventuele andere storende velden op de deflexie ongeveer gelijk voor alle drie buizen, en de hierdoor optredende beeldverschuivingen zijn dus voor de drie deelbeelden vrijwel identiek.

In de hier beschreven camera worden echter de laatstgenoemde storende invloeden op andere manier voldoende gereduceerd, zie hieronder.

Een kleurscheidingssysteem volgens fig. 2 eist zoveel ruimte tussen het objectief en de opneembuizen dat men zonder speciale maatregelen aangewezen zou zijn op objectieven met onbruikbaar lange brandpuntsafstanden en betrekkelijk geringe relatieve openingen. Bij beeldorthiconcamera's wordt aan deze moeilijkheid het hoofd geboden door toevoeging van een optisch systeem met lange brandpuntsafstand (herafbeeldings- of relaissysteem), dat het met een normaal objectief verkregen tussenbeeld via de vereiste grote afstand naar de opneembuizen overbrengt (*fig. 3a*).

Dank zij de kleine afmetingen van de „Plumbicon" opneembuizen kon voor onze kleurencamera een andere methode worden ontwikkeld, die reeds eerder in dit tijdschrift is beschreven [4]. De vrije ruimte tussen objectief en opneembuizen wordt hier ter plaatse van de lichtbundels met glas gevuld. De convergentie van de lichtstralen naar het beeldvlak wordt hierdoor verminderd en de effectieve vrije beeldafstand van het objectief vergroot. Deze vergroting is numeriek ongeveer gelijk aan de brekingsindex van de gebruikte glassoort, in het onderhavige geval $n = 1{,}52$. De effectieve brandpuntsafstand van het objectief, de relatieve ope-

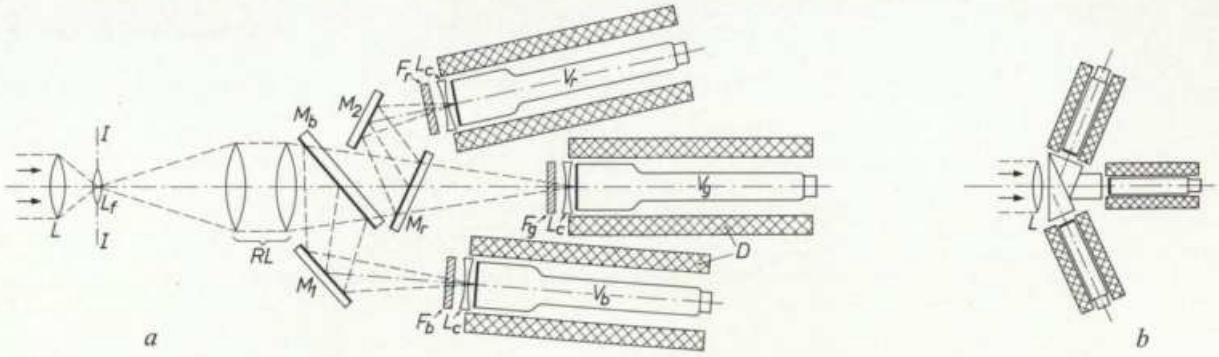


Fig. 3. Praktische uitvoering van de kleurscheiding *a*) bij beeldorthiconcamera's, *b*) bij de „Plumbicon" kleurencamera, waarvan de onderdelen hier *op dezelfde schaal* getekend zijn als in (*a*).

In (*a*) is L het objectief. Ten einde objectieven met grote relatieve opening en normale brandpuntsafstanden te kunnen gebruiken, is een optisch herafbeeldingssysteem RL (relaissysteem) toegevoegd. Bij een brandpuntsafstand hiervan van ca. 150 mm heeft men dan voldoende ruimte om het kleurscheidingssysteem onder te brengen. L_f veldlens ter concentrering van de lichtbundel in de relaisoptiek. De door L_f veroorzaakte beeldveldkromming wordt gecompenseerd door de drie correctielenzen L_c. F_r, F_g en F_b zijn kleurcorrectiefilters voor een scherpere begrenzing van de golflengtegebieden die door de kleurselectieve spiegels worden gescheiden. D spoelstellen voor deflexie en focussering. Overige letters als in fig. 2.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ning en de vergroting worden door het tussengevoegde glas niet beïnvloed.

De kleurscheiding moet nu binnen het glas plaatsvinden. Dit is gerealiseerd door het glazen lichaam onder te verdelen in drie aaneensluitende prisma's. Op de scheidingsvlakken worden de selectief reflecterende laagjes aangebracht, terwijl de hierboven genoemde hernieuwde spiegeling van de rode en blauwe lichtkegels wordt verkregen door gebruik te maken van totale reflexie (fig. 3*b* en 3*c*).

Zonder nader hierop in te gaan, zij vermeld dat het beschreven principe bij „Plumbicon" opneembuizen met hun kleine beeldformaat van 12,8×17,1 mm en de betrekkelijk geringe afmetingen van het stel deflexiespoelen aanzienlijk betere resultaten oplevert dan het gebruik van een relaissysteem. Hierdoor is het mogelijk geworden voor de „Plumbicon" kleurencamera te werken met eersteklas objectieven met een relatieve opening tot f : 2 en met ca. 18 mm als onderste grens voor de brandpuntsafstand; dit zijn dezelfde waarden die ook bij zwart-wit-camera's gebruikelijk zijn.

Doordat het aantal optische elementen en daarmee het aantal glas-luchtovergangen tot een minimum is teruggebracht, zijn door het beschreven principe ook de lichtverliezen van het gehele optische systeem, die bij relaissystemen meer dan 50% bedragen, zeer verminderd, tot ca. 20%; bovendien worden scherpte en contrast in de beelddetails er aanzienlijk door verbeterd. Een gunstige factor is voorts dat het licht onder betrekkelijk kleine hoeken op de twee kleurselectief reflecterende laagjes valt, zodat polarisatieverschijnselen, die tot kleurfouten vooral in de eventuele glimlichten zouden kunnen leiden [4], slechts in geringe mate optreden. Ten slotte is, zoals reeds vermeld, het terugbrengen van de afmetingen van de camera tot die van zwart-wit-camera's in hoofdzaak aan de compactheid van het prismatische kleurscheidingssysteem te danken. In *fig. 4* ziet men het tot een blok samengekitte systeem, terwijl uit fig. 1 blijkt hoe het blok met zijn beschermende omhulling tussen de opneembuizen is geplaatst.

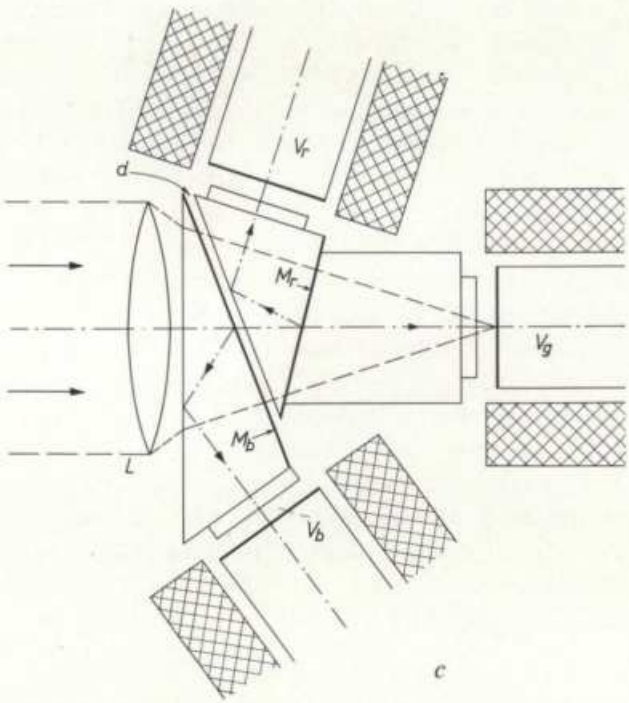


Fig. 3. *c*) Hier is het prismatische kleurscheidingssysteem van de „Plumbicon" camera, fig. 3*b*, vergroot weergegeven. *L* is weer het objectief. De kleurselectieve spiegelende laagjes M_b en M_r zijn opgedampt op de achterkanten van de twee driehoekige prisma's. De tweede spiegeling geschiedt door totale reflexie aan de voorkanten van deze beide prisma's. Te dien einde is hiertussen een kleine luchtspleet *d* aangebracht. Overige letters als in fig. 2.

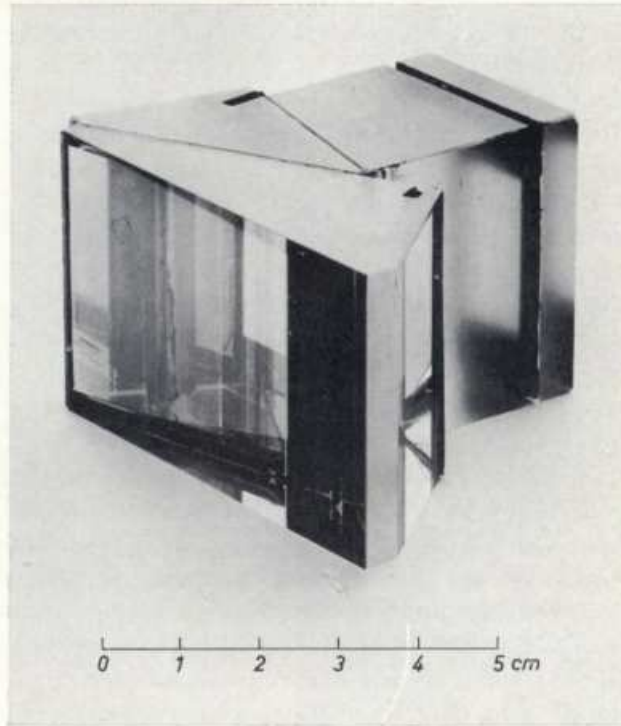


Fig. 4. De glazen prisma's van het kleurscheidingssysteem zijn tot een geheel samengekit.

Om dit kleurscheidingssysteem te kunnen toepassen, moet aan twee voorwaarden worden voldaan. 1) Er is een geringe extracorrectie van het objectief nodig, aangezien de lichtstralen verderop niet door lucht maar door glas lopen. Voor deze correctie moeten de fabrikanten van de objectieven zorgen, wat ze zonder moeite kunnen doen. 2) De opneembuizen, die nu niet zoals in fig. 2 evenwijdig staan, moeten magnetisch bijzonder goed worden afgeschermd, om te vermijden dat door storende magnetische velden onderling verschillende afwijkingen in de aftastgeometrie ontstaan. De af-

[4] H. de Lang en G. Bouwhuis, De kleurscheiding in kleurentelevisiecamera's, Philips techn. T. **24**, 261-269, 1962.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

scherming is verkregen door de buizen vrijwel volledig in kokers van mumetaal op te sluiten en afschermfoelies in de camera aan te brengen.

Het opneemgedeelte

Met het oog op het werk in televisiestudio's wordt de eis gesteld dat de opneembuizen snel en gemakkelijk moeten kunnen worden verwisseld. Bij kleurencamera's krijgt men hierbij te maken met het probleem dat de nieuw ingezette buizen zeer bepaalde standen ten opzichte van de lichtkegels die uit het kleurscheidingssysteem treden moeten innemen, om op alle buizen congruente afbeeldingen te krijgen. Hiertoe moet worden voldaan aan de volgende eisen.

1) De optische as van ieder der drie lichtkegels moet samenvallen met de lengte-as van de bijbehorende buis.
2) De drie beeldvlakken van het objectief moeten samenvallen met het oppervlak van de signaalelektrode der drie buizen.
3) De horizontale richting in ieder van de drie beelden moet samenvallen met de aftastbeweging.

De mechanische constructie moet erop berekend zijn, en de deflexiespoelen en de opneembuizen moeten mechanisch met een zodanige precisie worden afgewerkt, dat men aan deze drie voorwaarden kan voldoen en er na verwisseling van een buis aan *blijft* voldoen. Dank zij de betrekkelijk eenvoudige bouw van de „Plumbicon" buis en het bijbehorende stel deflexiespoelen is het inderdaad gelukt te zorgen dat verwisseling van een buis zonder mechanisch bijstellen mogelijk is. Het aanvankelijk instellen in de fabriek geschiedt met behulp van een optisch justeerapparaat, dat men in plaats van het objectief voor de camera plaatst en waarmee ieder stel deflexiespoelen in zes opzichten wordt gejusteerd; nl. door verplaatsing in de richting van en draaiing om drie loodrecht op elkaar staande assen die gaan door het middelpunt van de signaalelektrode van de desbetreffende opneembuis. (Het draaien om één van deze drie assen, nl. de lengte-as van de buis, gebeurt in feite niet bij de optische justering, maar door vergelijking met de horizontale aftastrichting.)

Hoewel we hebben kunnen bereiken dat bij het inzetten van een nieuwe buis geen mechanisch bijstellen nodig is, moet er toch op worden gewezen dat hierbij in het algemeen wel de elektrische instellingen in zekere mate moeten worden bijgeregeld, aangezien de elektrodesystemen van opneembuizen onderling nooit geheel identiek zijn.

De schakelingen

De schakelingen in een kleurentelevisiecamera kunnen we als volgt onderverdelen: de drie signaalversterkers, de schakelingen voor deflexie, focussering en bundelonderdrukking, het voedingsgedeelte, de elektronische zoeker en de ketens voor signalering en telefonie.

De schakelingen van de eerste twee groepen bepalen in hoofdzaak de prestaties van de camera en de kwaliteit van de verkregen beelden. Het ontwerp van deze schakelingen wordt essentieel beïnvloed door de specifieke eigenschappen van de „Plumbicon" buis en het bijbehorende deflexiesysteem.

De „Plumbicon" buis levert een signaalstroom die in de praktijk bij doelmatige belichting van de scène kan variëren tussen ongeveer 0,3 μA op de plaatsen met de grootste luminantie en slechts enkele nanoampères in de donkerste schaduwen van het beeld. (De buis kan als een bron met een hoge inwendige weerstand worden beschouwd, hetgeen betekent dat de geleverde stroom vrijwel niet van de aangesloten impedantie afhangt.) De genoemde waarden zijn uiterst klein, 50 tot 100× kleiner dan die van beeldorthicons. Hieruit mag niet worden geconcludeerd dat het laatste buistype 100× gevoeliger is dan de „Plumbicon" buis. De gevoeligheid van een televisiecamera wordt immers bepaald door de verlichtingssterkte waarbij men een signaal met een nog juist toelaatbare signaal-ruisverhouding verkrijgt. Terwijl de signaalstroom van een beeldorthicon eerst bij betrekkelijk hoge waarde deze signaal-ruisverhouding bereikt, is de ruisbijdrage in de signaalstroom van de „Plumbicon" buis zelfs bij de kleinste in het normale werk voorkomende waarden verwaarloosbaar klein (zie het aangehaalde artikel [2]). De signaal-ruisverhouding van het signaal dat een „Plumbicon" camera levert, wordt derhalve uitsluitend door de ruiseigenschappen van de *signaalversterker* en met name de ingangstrap hiervan bepaald. Bij het ontwerp van de schakeling dient derhalve aan deze trap de grootste aandacht te worden besteed.

Voor een goede signaal-ruisverhouding is het noodzakelijk dat de versterker een zo hoog mogelijke ingangsimpedantie Z_i heeft. Dit kan men als volgt inzien. De ingangsimpedantie bestaat in ons geval uit de parallelschakeling van een ingangsweerstand R_i en een onvermijdelijke capaciteit C_p, samengesteld uit de eigen capaciteit van de versterkeringang en de parallel hieraan gelegen capaciteit van de signaalelektrode van de „Plumbicon" buis en de parasitaire capaciteit van de verbindingsleiding. Voor $|Z_i|$ (bij frequentie f) geldt dan de formule:

$$|Z_i| = \frac{R_i}{\sqrt{1 + (2\pi f R_i C_p)^2}}. \quad \ldots \quad (1)$$

Aangezien we de „Plumbicon" buis als bron van een gegeven stroom kunnen beschouwen, is de signaalspanning evenredig met $|Z_i|$:

$$v_s = i_s |Z_i|.$$

De ruis echter bestaat in hoofdzaak uit twee bijdragen,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

waarvan de ene, nl. de eigen ruis van de eerste buizen of transistors van de versterker, onafhankelijk is van Z_i, terwijl de andere, die zijn oorsprong heeft in R_l, gegeven wordt door:

$$v_n = \sqrt{4kT\Delta f}\,\frac{\sqrt{R_l}}{\sqrt{1 + (2\pi f R_l C_p)^2}}.$$

(T is de temperatuur, k de constante van Boltzmann.) Maakt men $|Z_i|$ groter, hetgeen blijkens verg. (1) mogelijk is door R_l groter en/of C_p kleiner te kiezen, dan neemt dus de signaalspanning evenredig met $|Z_i|$ toe, terwijl van de twee ruisbijdragen de ene in het geheel niet en de andere in ieder geval langzamer met $|Z_i|$ toeneemt; de signaal-ruisverhouding zal dus beter worden.

In verg. (1) ziet men dat de term $(2\pi f R_l C_p)^2$ in de noemer een daling van $|Z_i|$, d.w.z. een afvallen van de amplitudekarakteristiek bij hoge frequenties f ten gevolge heeft. Stellen we b.v. $R_l = 1$ MΩ en $C_p = 25$ pF, en hebben we een signaalstroom $i_s = 0{,}3$ μA, dan neemt de signaalspanning van 0,3 V bij signaalfrequentie nul af tot ca. 0,5 mV bij 5 MHz. Men moet dit amplitudeverlies in een volgende versterkingstrap corrigeren, maar deze correctie, d.w.z. het extra versterken van de hoge frequenties om de resulterende karakteristiek vlak te maken, heeft het nadelige gevolg dat de, op zichzelf frequentie-onafhankelijke, eigen ruis van de eerste trap hierdoor veel meer gewicht krijgt. Het is dus gewenst het dalen van Z_i bij hoge frequenties zo veel mogelijk te vermijden en dus het produkt $2\pi f R_l C_p$ niet te groot te maken. Dit is nog een zeer belangrijk argument om C_p zo klein mogelijk te kiezen. Het eerder gewenste opvoeren van R_l werkt in dit verband echter nadelig.

De twee tegenstrijdige eisen wat betreft de grootte van R_l kunnen tot op grote hoogte met elkaar worden verzoend door de toepassing van *tegenkoppeling*, zoals zal blijken als we nu de door ons ontwikkelde signaalversterker nader bespreken.

Met het oog op een kleine eigen ruis van de ingangstrap werd deze tot dusver, zowel bij „Plumbicon" camera's als bij camera's met vidicons, hoewel deze overigens geheel waren getransistoriseerd, meestal uitgerust met nuvistors (kleine triodesystemen met gloeikatode). Deze hebben een aanzienlijk geringere ruis dan *P-N-P-* of *N-P-N*-transistors. Ze worden echter wat ruiseigenschappen betreft nog overtroffen door de thans beschikbare veldeffecttransistors. Bovendien kan hiermee een kleinere ingangscapaciteit worden verkregen dan met de nuvistor. We hebben derhalve voor de ingangstrap van de signaalversterker een combinatie van een veldeffecttransistor met een *N-P-N*-transistor gekozen. Hiermee wordt een 2 tot 3 dB betere signaal-ruisverhouding verkregen dan bij gebruik van een nuvistor; bij een speciale experimentele uitvoering was het verschil zelfs 7 dB.

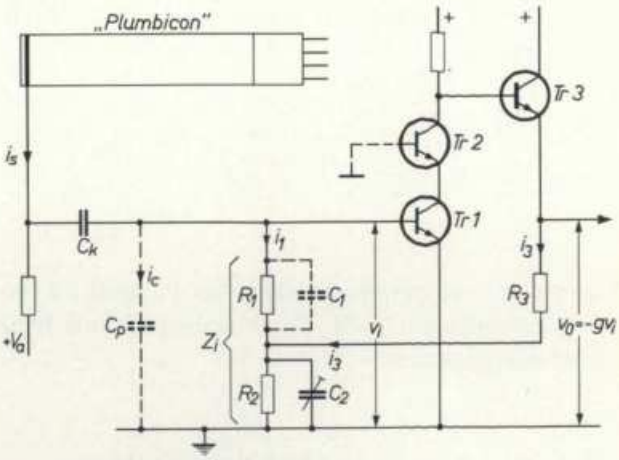


Fig. 5. Ingangstrap van een signaalversterker voor de „Plumbicon" buis met tegengekoppelde cascode. De buis die als bron van constante stroom kan worden beschouwd, levert een signaalstroom i_s die voor een gedeelte (i_c) vloeit door de parasitaire capaciteit C_p en voor een ander gedeelte (i_1) door de ingangsimpedantie Z_i van de versterker. De versterkte en teruggekoppelde stroom i_3 wekt in $R_2//C_2$ een tegenspanning op zodat v_1 kleiner is dan zou beantwoorden aan het produkt $i_1(R_1//C_1 + R_2//C_2)$. De ingangsimpedantie Z_i is dus door de tegenkoppeling schijnbaar verkleind.

Het principeschema van de ingangstrap, een cascodeschakeling met tegenkoppeling, is in *fig. 5* weergegeven. Een gedeelte van de in *Tr1* en *Tr2* versterkte en van de emissorvolger *Tr3* afgenomen signaalspanning wordt over R_3 en R_2 naar de ingang teruggevoerd. De werkelijke stuurspanning van *Tr1* wordt dan:

$$v_1 = i_1 Z_1 + (i_1 + i_3) Z_2.$$

Z_1 en Z_2 zijn de impedanties resp. van de parallelschakeling van R_1 met zijn eigen capaciteit C_1, die hier een belangrijke rol speelt, en van R_2 met de afregelcapaciteit C_2. Na invullen van

$$i_3 = \frac{-gv_1 - i_1 Z_1}{R_3 + Z_2},$$

waarbij g de totale versterking tussen *Tr1* en de emissor van *Tr3* is, wordt:

$$v_1 = i_1 \frac{Z_1 + \dfrac{Z_2 R_3}{Z_2 + R_3}}{1 + g\dfrac{Z_2}{Z_2 + R_3}},$$

en de „dynamische" ingangsimpedantie:

$$Z_i = \frac{v_1}{i_1} = \frac{Z_1 + \dfrac{Z_2 R_3}{Z_2 + R_3}}{1 + g\dfrac{Z_2}{Z_2 + R_3}}.$$

Deze complexe waarde kan tot de vorm voor een eenvoudige *RC*-parallelschakeling worden teruggebracht, indien, met behulp van de afregelcapaciteit, $R_2C_2 =$

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

R_1C_1 wordt gemaakt en indien daarbij $R_2 \ll R_1$ is; dan wordt nl.:

$$Z_1 = \frac{R_1}{1 + g\dfrac{R_2}{R_2 + R_3}} \cdot \frac{1}{1 + j\omega C_1 \dfrac{R_1}{1 + g\dfrac{R_2}{R_2 + R_3}}}.$$

Samen met de parasitaire capaciteit C_p geeft dit voor de signaalstroom i_s die de „Plumbicon" buis levert een totale impedantie

$$Z_{tot} = \frac{kR_1}{1 + j\omega kR_1(C_1 + C_p)},$$

waarbij

$$k = \frac{1}{1 + g\dfrac{R_2}{R_2 + R_3}}.$$

Dit nu betekent dat, voor een gegeven amplitudekarakteristiek, R_1 een factor $1/k$ groter mag zijn dan bij een niet-tegengekoppelde schakeling; of anders uitgedrukt, dat men slechts een k maal geringere amplitudedaling in verdere trappen behoeft te corrigeren.

Met de onderhavige schakeling hebben wij bij de reeds genoemde signaalstroom van 300 nA en een bandbreedte van 5 MHz een signaal-ruisverhouding verkregen van 45 dB [5].

Om de parasitaire ingangscapaciteit C_p zo klein mogelijk te houden, worden de drie plaatjes met gedrukte bedrading waarop de ingangstrappen zijn ondergebracht direct op de bijbehorende deflexiesystemen gemonteerd, zodat zij op zeer kleine afstand van de signaalelektrode van de „Plumbicon" buis komen (zie *fig. 6*). Hierdoor wordt ook zoveel mogelijk vermeden dat de verbindingsleiding hiertussen storingen door elektrische velden kan opvangen.

De plaatjes met gedrukte bedrading bevatten telkens alleen de ingangstrap en een emissorvolger; over de lage uitgangsweerstand hiervan worden de signalen via afgeschermde leidingen aan het overige gedeelte van de versterkerschakeling toegevoerd. In deze gedeelten wordt de hierboven genoemde amplitudedaling gecorrigeerd, zodat de amplitudekarakteristiek voor de uiteindelijk aan de camerakabel toegevoerde signalen tot 6 MHz vlak is. Daarmee heeft men voor alle videofrequenties een niveau ver boven het niveau van de storingen die eventueel door inductie op de lange camerakabel kunnen ontstaan.

De zojuist besproken signaalversterkers waarborgen door hun gunstige ruiseigenschappen een laag storingsniveau in het beeld en door hun lineariteit en stabiliteit een zeer getrouwe weergave van de kleuren.

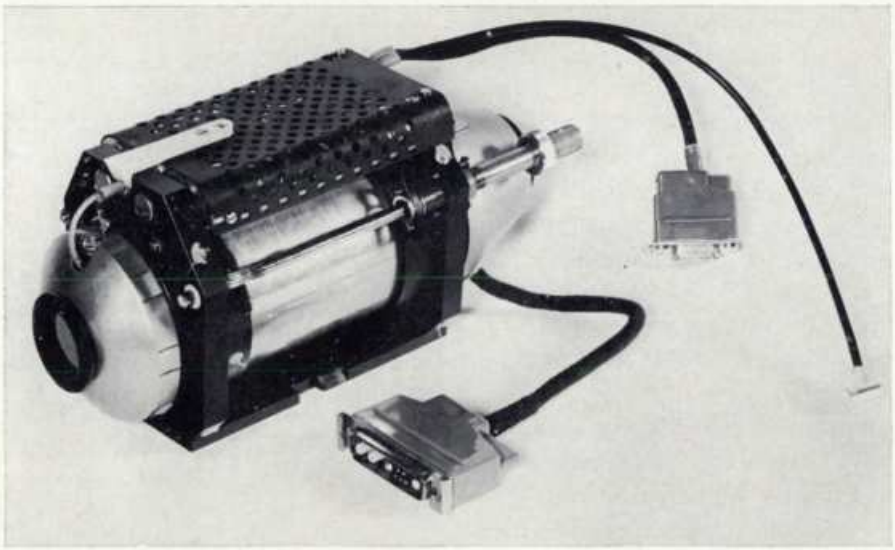


Fig. 6. Spoelenstel voor deflexie en focussering van een „Plumbicon" buis, met hierop gemonteerd de ingangstrap van de signaalversterker, beschermd door een geperforeerde afschermplaat. (De ingangstrap is bij het hier afgebeelde stel nog uitgerust met nuvistors.)

De eigenschappen van de *deflexieschakelingen* bepalen de nauwkeurigheid waarmee de deelbeelden op elkaar vallen — een andere belangrijke factor voor de kwaliteit van een kleurentelevisiebeeld. In verband met de verschillende aftastsnelheid voor de verticale en de horizontale aftasting zijn de deflexieschakelingen hiervoor geheel verschillend ontworpen.

De schakeling voor de *verticale* afbuiging bevindt zich in het controlerek, en de drie zaagtandstromen voor deze afbuiging in de drie buizen worden kant en klaar over drie aderparen van de camerakabel aan de deflexiespoelen toegevoerd. Daar de impedantie van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

deze spoelen voor de lage frequentie van de zaagtandstromen (50 Hz) vrijwel reëel is, kan deze werkwijze zonder bezwaar worden toegepast. Een voldoende stabilisering van de gewenste vorm en amplitude van de zaagtanden tegenover temperatuurvariaties van kabel en deflexiespoelen wordt verkregen door stroomtegenkoppeling in de uitgangsketens van de schakelingen in het controlerek.

Minder eenvoudig is de situatie bij de schakelingen voor de *horizontale* afbuiging. Een spoelenpaar voor de horizontale deflexie heeft een stroom met een frequentie van 15 625 Hz nodig die tussen −100 mA en +100 mA zaagtandvormig verloopt. Het spoelenpaar heeft een weerstand $R = 3$ ohm en een zelfinductie $L = 1$ mH en derhalve bij een frequentie van 15 kHz een impedantie $Z = R + j2\pi f L = 3 + 100\,j$ (ohm). Ten einde door deze vrijwel zuivere inductantie een zaagtandvormige stroom te doen vloeien, is in eerste instantie een impulsvormige spanning nodig waarvan de amplitude volgens de formule

$$v_L = L\frac{di_{st}}{dt}$$

is te berekenen en in de praktijk ongeveer 60 V bedraagt. Ten gevolge van de gelijkstroomweerstand moet aan deze spanning een zaagtandvormige component

$$v_{st} = R\,i_{st}$$

worden toegevoegd (zie *fig. 7*).

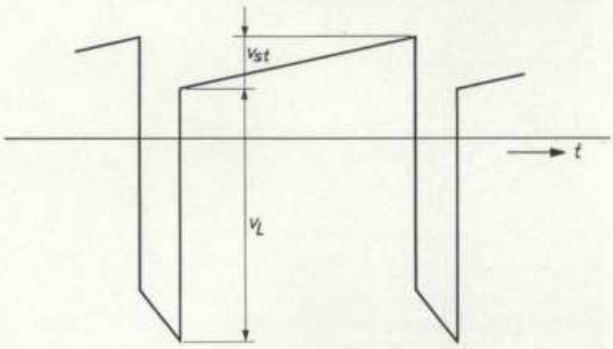


Fig. 7. Het vereiste spanningsverloop voor de horizontale afbuigspoelen van een „Plumbicon" buis. v_L spanningssprong die een zaagtandvormige stroom door de spoelen veroorzaakt. v_{st} zaagtandvormige spanning ter linearisering van de zaagtandstroom.

Terwijl de waarde v_L de amplitude van de zaagtandstroom en daarmee de breedte van de aftasting bepaalt, hangt van v_{st} de lineariteit van de zaagtandstroom en van de aftastbeweging af. Behalve deze beide parameters is de ligging van de impulsspanning ten opzichte van de nullijn van belang, daar hiervan de symmetrie van de aftastbeweging ten opzichte van de verticale middellijn van de signaalelektrode van de opneembuis afhangt. Hiervoor moet nog een regelbare gelijkstroomcomponent worden toegevoegd.

Deze drie belangrijke regelingen worden om praktische redenen uitgevoerd in de centrale controlekamer, dus op het controlerek, en niet aan de camera. Tot dusver was het bij kleurencamera's gebruikelijk de nodige impulsspanning ook in het controlerek op te wekken, deze daar in drie kanalen te verdelen, in ieder kanaal de zojuist genoemde drie regelingen uit te voeren en de individueel ingestelde spanningen via drie aderparen van de camerakabel aan de deflexiespoelen in de camera toe te voeren. Deze methode bracht niet alleen een aanzienlijke verspilling van vermogen door de karakteristieke kabelweerstand van 75 ohm met zich mee, maar had ook te kampen met complicaties om ondanks het gebruik van kabels van uiteenlopende lengte en type en ondanks de invloed van temperatuurvariaties de correcte spanningsvorm te handhaven.

Door de ontwikkeling van zeer stabiele transistorschakelingen was het nu mogelijk bij de kleurencamera met „Plumbicon" buizen de gehele schakeling voor de horizontale afbuiging naar de camera te verplaatsen en daardoor de zojuist genoemde nadelen te vermijden. Via de camerakabel worden nu alleen een startimpuls voor de impulsspanningsgenerator — waarvan de vorm en amplitude niet kritisch zijn — en een aantal gelijkspanningen ter regeling van amplitude, lineariteit en juiste plaats van de aftasting geleid. De regelorganen hiervoor zijn op het controlerek aangebracht en blijven derhalve aan de persoon toevertrouwd die voor alle instellingen van de camera-installatie verantwoordelijk is.

Voor het nauwkeurig op elkaar vallen van de deelbeelden der drie opneembuizen is ook van belang het nauwkeurig richten en focusseren van de elektronenbundel in iedere buis. Ten gevolge van de nooit geheel symmetrische bouw van het elektrodensysteem treedt de uit het elektronenkanon komende bundel meestal iets scheef het axiaal gerichte magnetische focusseerveld binnen, waarin de hele buis zich bevindt. Bij scheve intrede krijgt de bundel een spiraliserende beweging, waardoor niet alleen de scherpte van de aftastvlek, maar ook de geometrie van de afbuiging op oncontroleerbare wijze wordt verstoord. Deze fout kan worden opgeheven door de bundel te richten met behulp van een in sterkte en richting regelbaar magnetisch dwarsveld onmiddellijk voor het elektronenkanon. Goed richten van de bundel is alleen mogelijk indien het focusserende magneetveld homogeen is en evenwijdig met de as gericht. Verstoringen van de homogeniteit van het veld

[5] Bij televisie wordt als signaal-ruisverhouding beschouwd de verhouding tussen de maximale signaalamplitude bij een zwart-wit-overgang en de effectieve waarde van de ruis. Over de „waardering" van de ruis en een hiervoor dienend filter, zie het aangehaalde artikel [2], blz. 97. Meet men met een ruiswaarderingsfilter, zoals dat voor zwart-wit-televisie is aangenomen, dan vinden we onder de genoemde condities zelfs een signaal-ruisverhouding van 60 dB.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

binnen het spoelenstel en aan de voorkant hiervan moeten dus worden vermeden; bij de fabricage en montage van de afzonderlijke spoelen moet hiervoor de grootste precisie in acht worden genomen. Het spreekt vanzelf dat de stromen door de drie focusseerspoelen en ook die door de spoelen voor het richten van de bundels zijn gestabiliseerd.

De overige schakelingen van de camera zijn in principe niet veel anders dan die van andere kleurencamera's. Volledigheidshalve beschrijven we ook nog heel kort de functie van deze delen.

De *onderdrukkingsschakeling* dient, zoals de naam zegt, ter onderdrukking van de aftastbundel gedurende de horizontale en verticale terugsprong bij het aftasten, ten einde een gedeeltelijk uitvlakken van het ladingsbeeld gedurende deze periodes te vermijden. Men doet dit met blokkeerimpulsen, die men verkrijgt uit de schakelingen voor horizontale en verticale afbuiging en die men combineert tot een gemeenschappelijke impulsreeks. Deze in de camera opgewekte impulsen worden opgeteld bij drie negatieve gelijkspanningen, die op het controlerek individueel worden geregeld en via de kabel aan de camera worden toegevoerd; het geheel wordt aan de stuurroosters van de drie „Plumbicon" buizen gelegd. De gelijkspanningen bepalen de bundelstroomsterkte van de buizen.

De *elektronische zoeker* vervangt bij televisiecamera's de bij filmcamera's gebruikelijke optische zoeker en stelt de man aan de camera in staat deze nauwkeurig te richten. De zoeker is niets anders dan een kleine beeldmonitor, die het videosignaal na de behandeling voor uitzending in het controlerek vandaar terugkrijgt en als zwart-wit-beeld weergeeft. In verreweg de meeste gevallen is het groene deelbeeld het best geschikt voor een zwart-wit-weergave, maar de cameraman kan met behulp van toetsen ook het rode of blauwe of iedere willekeurige combinatie van de drie deelbeelden op het scherm van de zoeker zichtbaar maken (in zwart-wit). Bovendien kan het signaal van een andere camera op het eigen zoekerbeeld worden gesuperponeerd, hetgeen van belang is voor een goede camera-instelling bij speciale scène-overgangen en beeldcombinaties.

De ketens voor *signalering* en *telefonie*, die verschillende, op geschikte plaatsen van de camera aangebrachte signaallampen en twee aansluitingen voor hoofdtelefoons bevatten, dienen voor het contact van de cameraman en zijn eventuele assistent met de technicus in de bedieningsruimte en met de regisseur, en ook voor het geven van het optische signaal aan alle in de studio aanwezigen dat de camera op „zenden" geschakeld is. De desbetreffende signaallampen gaan automatisch branden zodra in de regiekamer het camerasignaal wordt toegevoerd aan de zendmonitor, dat is de laatste controle vóór de werkelijke uitzending.

Het controlerek

Het controlerek van iedere kleurentelevisiecamera heeft vier hoofdfuncties: de „veredeling" van de door de camera afgeleverde drie kleursignalen in diverse opzichten, hetgeen gebeurt in de *naversterkers*; de regeling van de signalen voor de best mogelijke kleurweergave, voor het zo goed mogelijk op elkaar vallen van de deelbeelden en voor de grootste scherpte; de controle van deze instellingen met behulp van een signaal- en een beeldmonitor; en ten slotte de voeding van de gehele installatie.

Anders dan bij de camera, waarbij alle onderdelen in één huis zijn ondergebracht, verdient bij het controlerek een onderverdeling in eenheden volgens de genoemde functies de voorkeur, om gemakkelijker controlemetingen te kunnen uitvoeren en eventuele sto-

Fig. 8. Controlerek van de „Plumbicon" kleurentelevisiecamera. Van boven naar beneden: de beeldmonitor; de signaalmonitor; regelpaneel met instelknoppen voor het diafragma, instelling van maximaal en nul-niveau (rechter helft), indicatie van de ingestelde brandpuntsafstand van het Zoom-objectief en hoofdschakelaar; bovendien bevat dit paneeltje druktoetsen voor de controle op de beeldmonitor en voor de signaleringsketens. In het lessenaargedeelte zijn alle regelknoppen ondergebracht waarmee de kleurbalans en het op elkaar vallen van de drie deelbeelden worden ingesteld. In het onderste gedeelte van de kast bevinden zich in hoofdzaak het voedingsgedeelte en enige hulpschakelingen. Men ziet hierop ook een kiezer voor het instellen van correcties ter compensatie van verschillende lengten van de camerakabel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

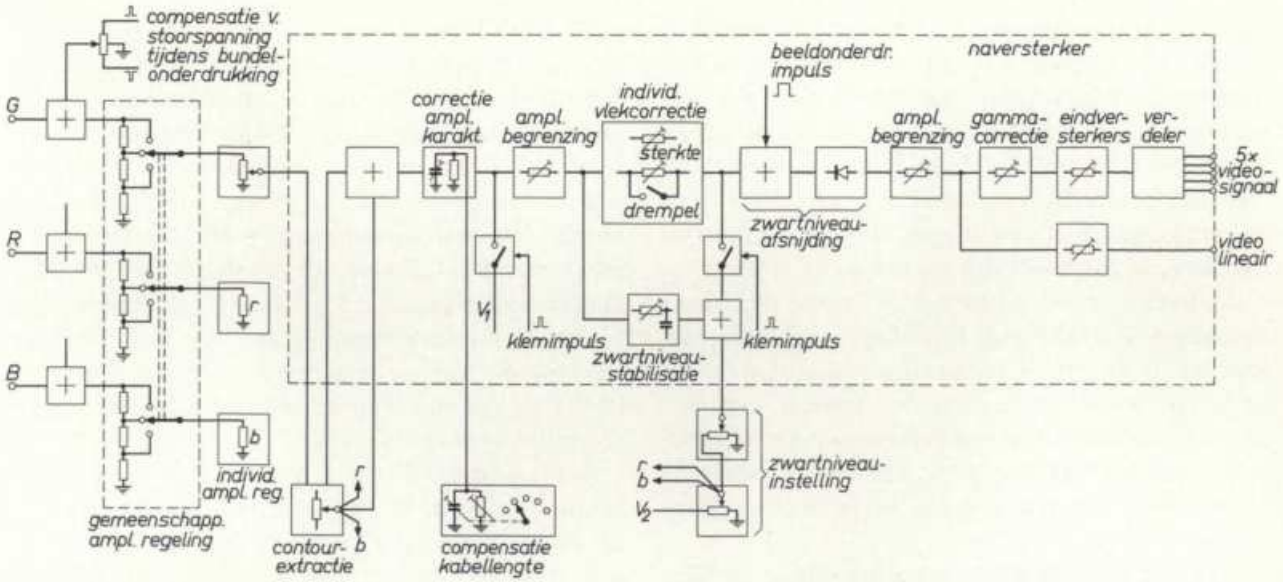


Fig. 9. Blokschema van de naversterker voor het „groene" signaal, met de van buiten uitvoerbare regelingen. Afgezien van de contourextractie (voor gemeenschappelijke vlekcorrectie), waarvan alleen de „groene" versterker is voorzien, zijn de versterkers voor alle drie kleursignalen onderling gelijk.

In elke versterker is er nog een individuele vlekcorrectie. Hierbij kan zowel de sterkte als de drempel van het signaal waarbij de correctie moet beginnen worden ingesteld.

Na doorlopen van de gammacorrector en na een laatste versterking met instelling van de amplitudekarakteristiek, wordt het signaal verdeeld over vijf van elkaar onafhankelijke uitgangen. Op een zesde uitgang heeft men voor meetdoeleinden het signaal van vóór de gammacorrectie ter beschikking.

ringen te kunnen elimineren. Alle belangrijke eenheden zijn uitschuifbaar en de schakelingen zijn gemonteerd op snel verwisselbare panelen met gedrukte bedrading.

Fig. 8 geeft het gehele controlerek weer, waarvan de nog niet behandelde gedeelten nu zullen worden besproken.

De naversterkers

Zoals vermeld, dienen de naversterkers voor het veredelen van de camerasignalen: het maximale en het nulniveau worden ondubbelzinnig vastgelegd, extreme signaalpieken worden onschadelijk gemaakt, er worden kunstgrepen toegepast om de beeldscherpte te verbeteren, en er wordt een zg. gammacorrectie uitgevoerd. Voorts moet aan ieder signaal nog het in de televisienormen vastgelegde onderdrukkingssignaal worden toegevoegd om de drie definitieve kleursignalen te krijgen, die in een codeerder volgens het toe te passen overbrengingssysteem kunnen worden gecombineerd tot het volledige kleurentelevisiesignaal.

Aan de hand van het blokschema van één van de drie naversterkers in *fig. 9* bespreken we deze functies wat nader.

In het van de camera komende signaal wordt allereerst een ondubbelzinnig nulniveau vastgelegd. Weliswaar is dank zij de bundelonderdrukking tijdens iedere terugsprongperiode het beeldsignaal nul, maar het werkelijke niveau toont meestal een bepaalde sinusvormige variatie ten gevolge van een stoorspanning die in de elektrodes van de buis wordt geïnduceerd tijdens de snelle omkering van het afbuigveld. Het is voldoende het nulniveau telkens slechts voor het korte ogenblik te realiseren waarin in de volgende versterkingstrappen de klemimpulsen effectief zijn. Derhalve wordt van deze impulsen zelf een kleine, regelbare, spanning afgeleid, die bij het signaal wordt opgeteld; sterkte en polariteit van deze spanning worden voor elke buis geschikt gekozen, nl. zodanig dat tijdens de impuls de stoorspanning precies wordt gecompenseerd (zie *fig. 10*).

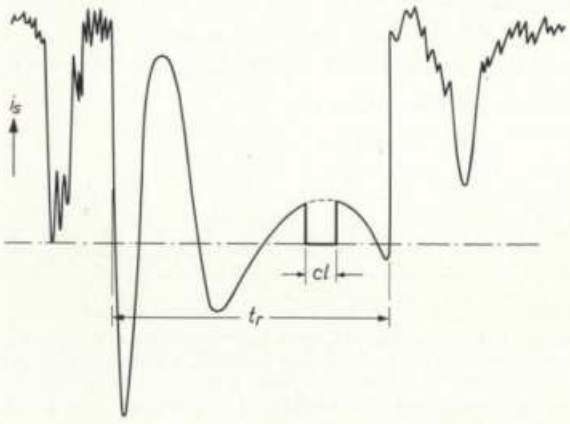


Fig. 10. Tijdens elke terugsprongperiode t_r van de horizontale aftasting wordt de bundel onderdrukt en keert het door de „Plumbicon" buis geleverde beeldsignaal tot nul terug (streeppuntlijn). Aangezien echter de spanning in deze periode door storingen in het algemeen nog een bepaald sinusachtig verloop heeft, wordt tijdens de (binnen t_r vallende) klemimpuls *cl* het nulniveau precies gerealiseerd door compenseren van de momentele stoorspanning met behulp van een regelbare spanningsimpuls.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Na een gemeenschappelijke grove amplituderegeling van alle drie signalen, en een (voor de getrouwe kleurweergave zeer belangrijke) individuele fijne regeling, komt een signaalbehandeling die in de laatste tijd bij kleurencamera's grote betekenis heeft verkregen, nl. de verbetering van de beeldscherpte door elektronische accentuering van de contouren, de zg. apertuur- of *vlekcorrectie*. Hierop willen we iets nader ingaan.

Contouren in het beeld komen in het elektrische signaal tot uitdrukking als plotselinge amplitudeveranderingen. Door een reeks oorzaken, waartoe vooral de eindige diameter van de aftastvlek behoort, treden de amplitudeveranderingen niet abrupt op, maar als min of meer continue overgangen (zie *fig. 11a*), waardoor de contouren in het weergegeven beeld minder scherp worden.

Men heeft verschillende mogelijkheden van vlekcorrectie, die dit scherpteverlies moet compenseren; wegens de aftasting van het beeld in opeenvolgende lijnen moeten wij hierbij onderscheiden tussen horizontale en verticale vlekcorrectie. Een methode voor horizontale vlekcorrectie die in ons geval zeer bruikbaar is gebleken bestaat daarin het te verscherpen signaal eerst door beperking van de bandbreedte tot 2 MHz nog aanzienlijk onscherper te maken en het dan van het oorspronkelijke signaal af te trekken (zie fig. 11*b*). Het resultaat is een zuiver contourensignaal, d.w.z. een signaal dat gemiddeld nul is en slechts bestaat uit kleine symmetrische impulsen op die plaatsen van het beeld waar de aftastbundel een contour snijdt (fig. 11*c*). Dit contourensignaal, in de juiste sterkte toegevoegd aan het oorspronkelijke signaal, brengt een goed merkbare accentuering van de amplitudeveranderingen van dit laatste en daarmee van de contouren in het weergegeven beeld teweeg (fig. 11*d*).

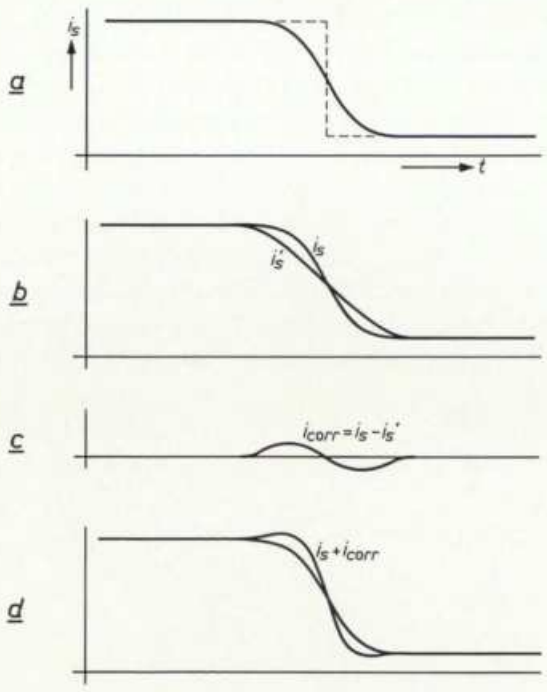


Fig. 11. Elektronische verscherping van *verticale* beeldcontouren.
a) Bij een scherpe beeldcontour zou theoretisch de gestippelde abrupte amplitudesprong moeten optreden. Door verschillende oorzaken krijgt men in werkelijkheid het getrokken continue verloop van de signaalamplitude.
b) Door beperking van de bandbreedte van het signaal i_s krijgt men een nog „onscherper" signaal i_s' en trekt dit van i_s af.
c) Het verschil $i_s - i_s'$ is een zuiver contourensignaal i_{corr} met de gemiddelde waarde nul.
d) Optellen van het contourensignaal i_{corr} bij het oorspronkelijke signaal i_s geeft een accentuering van de sprong en daarmee een verbetering van de scherpte-indruk van de verticale beeldcontouren.

Het is gemakkelijk in te zien dat deze accentuering het meest effectief is voor *verticaal* lopende contouren, en afneemt naarmate de contouren schuiner lopen; voor contouren precies in de aftastrichting is het effect nihil. Voor deze laatstgenoemde contouren is het scherper maken veel moeilijker: men moet hiervoor signalen van opeenvolgende beeldlijnen van elkaar aftrekken. Voor de kleurencamera met „Plumbicon" buizen is hiervoor de volgende methode ontwikkeld (zie *fig. 12*).

In twee achter elkaar geschakelde staven van een speciaal glas, waarin het signaal door tussenkomst van piëzo-elektrische omzetters (transducenten) zich als ultrasone golven kan voortplanten, krijgt men dank zij de betrekkelijk geringe geluidssnelheid een vertraging van het signaal met precies 2× een lijnperiode (2×64 μs). De amplitude van het vertraagde signaal i_{s2} wordt gehalveerd en zijn polariteit omgekeerd. Hetzelfde gebeurt met een niet-vertraagd signaal i_s, waarna de beide verkregen signalen in een mengtrap worden opgeteld bij een niet-verzwakt en niet van polariteit omgekeerd signaal dat slechts één lijnperiode is vertraagd (i_{s1}). In *fig. 13* is het gehele proces weergegeven. Het optellen van $\frac{1}{2}i_s$ en $\frac{1}{2}i_{s2}$ heeft een zelfde effect als de bandbreedtebeperking in fig. 11. Het resultaat van de gehele bewerking is een zuiver contourensignaal i_{corr}, dat het sterkst is voor *horizontale* contouren, zwakker wordt naarmate de contouren schuiner lopen, en bij verticale contouren verdwijnt.

Past men op het niet-vertraagde signaal i_s en op het met twee lijnperiodes vertraagde signaal i_{s2}, alvorens deze beide aan de mengtrap worden toegevoerd, de genoemde beperking van de bandbreedte tot 2 MHz toe (*LP* in fig. 12), dan heeft men op zeer eenvoudige wijze ook de eerder beschreven methode ter accentuering van de verticale contouren gerealiseerd, en het resultaat is een contourensignaal dat effectief is voor contouren in *alle* richtingen.

[6] Vergelijk ook de enige tijd geleden in dit tijdschrift beschreven methode: C. F. Brockelsby en J. S. Palfreeman, Philips techn. T. **25**, 326-347, 1963.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

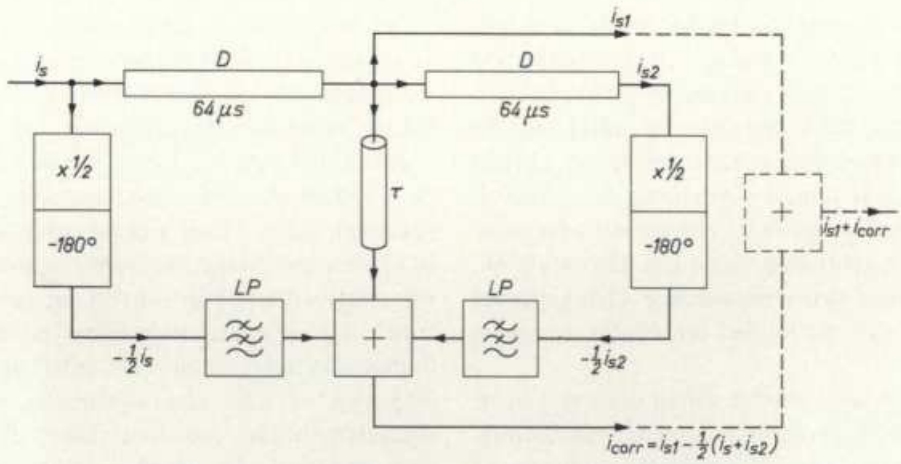
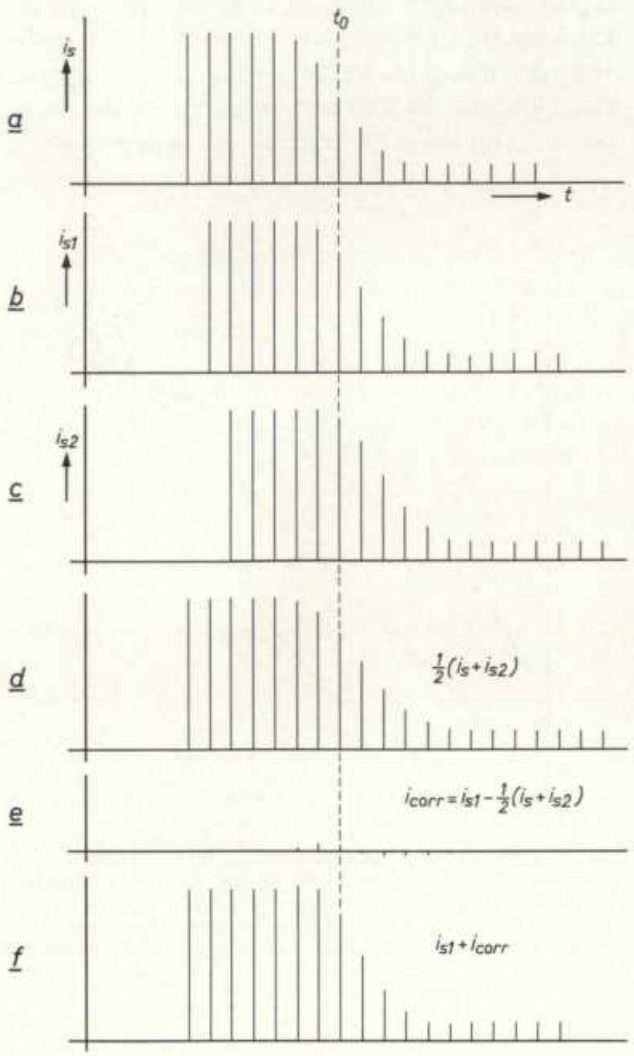


Fig. 12. Blokschema van de inrichting voor de elektronische verscherping van *horizontale* beeldcontouren. In elk van de beide vertragingslijnen D wordt het signaal i_s precies één lijnperiode (64 μs) vertraagd. Het niet-vertraagde signaal i_s en het twee keer vertraagde signaal i_{s2} worden ieder tot de halve amplitude verzwakt, van polariteit omgekeerd en aldus opgeteld bij het éénmaal vertraagde signaal i_{s1} (vgl. fig. 13). Het resultaat is een zuiver contourensignaal, dat bij optellen bij het éénmaal vertraagde signaal i_{s1} (gestippeld getekend) een accentuering van de horizontale contouren levert.

De filters *LP* beperken de bandbreedte der voor de correctie dienende signalen i_s en i_{s2} tot 2 MHz, waardoor op eenvoudige wijze tegelijk de in fig. 11 voorgestelde accentuering voor *verticale* contouren wordt verkregen. Het resultaat is dus een contourensignaal i_{corr} dat een accentuering voor *alle* contouren geeft. Door de beperking van de bandbreedte krijgen de signalen i_s en i_{s2} een (extra) vertraging τ, die men ook het éénmaal vertraagde signaal i_{s1} vóór het optellen moet laten ondergaan.



Men zou kunnen vragen waarom in de beschreven schakeling eerst een zuiver contourensignaal $i_{corr} = i_{s1} - \frac{1}{2}(i_s + i_{s2})$ gemaakt wordt en niet direct een gecorrigeerd beeldsignaal $i_{s1} + i_{corr} = 2i_{s1} - \frac{1}{2}(i_s + i_{s2})$, dat men immers zou krijgen als men het met één lijnperiode vertraagde signaal de dubbele amplitude zou geven alvorens het aan de mengtrap toe te voeren. Dit zou wel voor zwart-wit-beelden zinvol zijn [6], maar niet voor kleurenbeelden. Bij de laatste is het immers niet slechts begonnen om de verscherping van ieder afzonderlijk signaal — waarvoor men dan de „directe correctie" zou kunnen toepassen —, maar in laatste instantie om de scherpteverbetering van het totale beeld, dat door superpositie van de drie beelden in de primaire kleuren wordt verkregen. Aangezien men wel nooit het ideale geval zal kunnen realiseren dat deze drie deelbeelden

Fig. 13. Werking van de schakeling volgens fig. 12.
a) Signaalamplitudes i_s op precies onder elkaar gelegen punten van opeenvolgende lijnen van een beeld bij een abrupte overgang van licht naar donker in de scène. Door de onscherpte wordt de overgang geleidelijk. De lijn waarin het tijdstip t_0 valt, is halverwege tussen licht en donker.
b) Dezelfde signaalamplitudes als in (*a*), maar met één lijnperiode vertraagd ten opzichte van t_0.
c) De signaalamplitudes i_{s2}, met twee lijnperiodes vertraagd ten opzichte van t_0.
d) De halve som van i_s en i_{s2}.
e) Het verschil $i_{s1} - \frac{1}{2}(i_s + i_{s2})$ is een zuiver contourensignaal i_{corr} met de gemiddelde waarde nul.
f) Optellen van het contourensignaal i_{corr} bij het éénmaal vertraagde signaal i_{s1} levert een geaccentueerde amplitudeovergang en daarmee een verbetering van de scherpte-indruk van horizontale beeldcontouren.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

op het gehele beeldoppervlak precies op elkaar vallen, krijgt men door accentuering van de contouren van ieder *afzonderlijk* signaal niet alleen geen essentiële verbetering, maar zelfs een nadelig effect op die plaatsen van het beeld waar er een discrepantie is tussen de deelbeelden: deze fouten worden dan juist duidelijker zichtbaar. Het is veel beter een *gemeenschappelijk* correctiesignaal te gebruiken, en dit kan dan natuurlijk, aangezien het voor drie verschillende kleurextracten bruikbaar moet zijn, uitsluitend een contourensignaal zijn.

Theoretisch zijn verschillende wijzen denkbaar waarop men een dergelijk gemeenschappelijk contourensignaal kan afleiden uit de drie kleursignalen en dit signaal kan toevoegen aan het samengestelde kleurensignaal. De beste manier is naar onze mening, het contourensignaal alleen uit het *groene* signaal af te leiden en het daarna in gelijke sterkte aan elk van de drie kleursignalen toe te voegen. De drie deelbeelden worden daardoor, ook als zij op zichzelf niet geheel congruent zijn, voorzien van congruente contourlijnen, zodat discrepanties van de beelden niet alleen niet geaccentueerd worden, maar als ze gering zijn zelfs tot verdwijnen worden gebracht. Door het toevoegen in gelijke sterkte wordt de verscherping van de contouren als het ware in zwart-wit uitgevoerd, een methode die ook in de techniek van de kleurendruk het beste gebleken is. De sterkte van het toegevoegde signaal i_{corr} stelt men visueel op de gunstigste waarde in (de eenvoudige mogelijkheid van zulk een regeling is nog een extra-voordeel ten opzichte van de „directe correctie"). Het groene signaal verdient als grondslag voor de gemeenschappelijke correctie de voorkeur, omdat groen, in tegenstelling tot blauw en rood, in de meeste natuurlijke kleuren voorkomt en in vele gevallen zelfs in overheersende mate; in wit b.v. is het aandeel van groen 59%. Voor zwart-wit-ontvangers — die nog gedurende vele jaren het grootste percentage zullen vormen van de ontvangers waarmee naar kleurentelevisie-uitzendingen zal worden gekeken — is dan ook gebleken dat men met de „contouren-uit-groen" bijzonder goede resultaten krijgt.

Volledigheidshalve zij erop gewezen dat de zojuist beschreven methode van „contouren-uit-groen" evenmin als iedere andere denkbare methode in staat is discrepanties van de deelbeelden op te heffen die misschien in het weergeeftoestel ontstaan.

In het blokschema fig. 9 ziet men behalve de voorziening voor gemeenschappelijke scherpteverbetering met de contouren-uit-groen ook nog een *individuele*, wat sterkte en drempel betreft instelbare, vlekcorrectie voor het rode, groene en blauwe signaal. Hiermee kan de gebruiker van de camera desgewenst een aanvullende invloed op de scherpte uitoefenen, hetgeen soms voor de hoogste signaalfrequenties nuttig is.

We komen nu tot de *gammacorrectie*. De „Plumbicon" opneembuis heeft een lineaire karakteristiek, dat wil zeggen de signaalstroom varieert evenredig met de, lokaal verschillende, luminantie van het opgenomen beeld. In tegenstelling hiermee is de karakteristiek van de beeldbuizen echter paraboolachtig of nog sterker gekromd, zodat kleine signaalamplitudes door een relatief veel te geringe luminantie worden weergegeven. Bij zwart-wit-televisie zou dit tot zeer harde beelden leiden, bij kleurentelevisie echter bovendien tot kleurfouten, aangezien immers de onderlinge sterkteverhouding van de drie kleurinformaties bij verschillende signaalamplitudes niet meer klopt. De remedie hiervoor bestaat daarin dat men de kleursignalen vóór de uitzending vervormt in een versterkingstrap waarvan de amplitudekarakteristiek het reciproke is van de karakteristiek van de beeldbuis (zie *fig. 14*). Heeft de beeldbuis een karakteristiek $L \sim v_g^{\gamma}$, waarbij L de luminantie, v_g de stuurspanning aan de Wehnelt-cilinder en γ een aan de kromming van de lijn beantwoordende exponent is, dan moet de correctietrap een karakteristiek $v_o \sim v_i^{1/\gamma}$ hebben, met v_o en v_i als ingangs- en uitgangsspanning. Een dergelijke karakteristiek kan men realiseren met behulp van een kristaldiode waarvan de stroom-spanningskarakteristiek in het begin van het doorlaatgebied het gewenste verloop heeft. De desbetreffende, in principe zeer eenvoudige, schakeling moet natuurlijk een mogelijkheid bevatten om de sterkte van de kromming te regelen, nl. tussen ongeveer

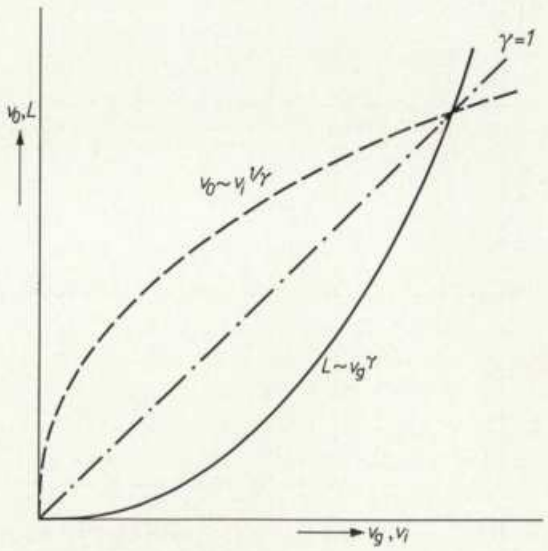


Fig. 14. Principe van de gammacorrectie. Bij de beeldbuis in de ontvanger varieert de luminantie L met de stuurspanning v_g volgens $L \sim v_g^{\gamma}$, waarbij $\gamma \approx 2{,}2$. Dit sterk gekromde verloop kan in de naversterker van de camera-installatie van te voren worden gecompenseerd met behulp van de tegengesteld gekromde karakteristiek van een kristaldiode. Hiervoor moet deze het verloop $v_o \sim v_i^{1/\gamma}$ hebben.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

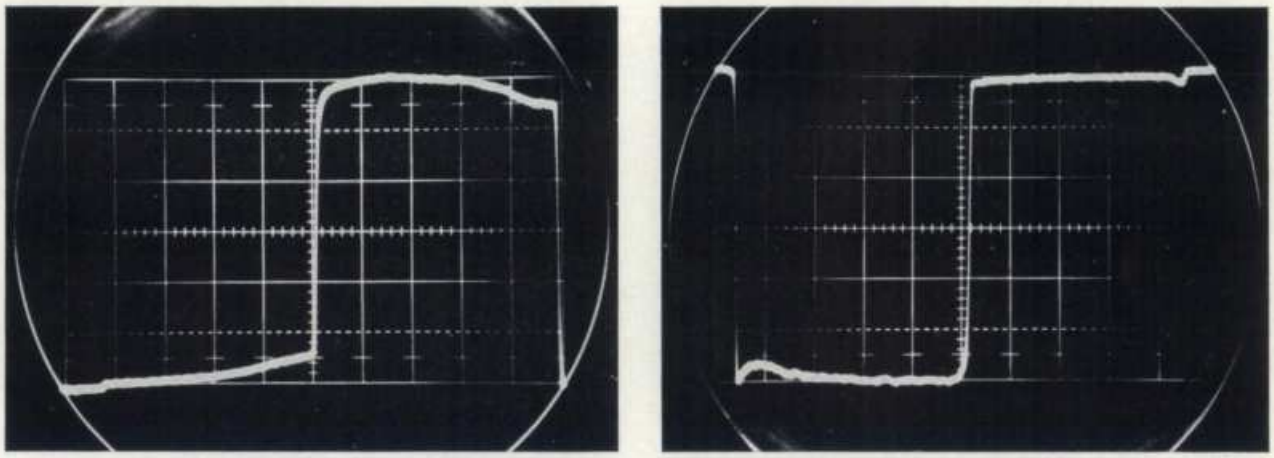
$\gamma = 0{,}4$ en $\gamma = 1{,}0$; ze wordt bovendien iets gecompliceerd door de eis dat bij het regelen de eenmaal vastgestelde maximale amplitude van het signaal niet mag veranderen.

We merken nog op dat men de gammacorrectie steeds bij de opname en niet in de ontvangers uitvoert, aangezien het uitgezonden signaal daardoor minder gevoelig wordt voor storingen die op de lange weg van overbrenging kunnen ontstaan.

Voorwaarde voor het goed functioneren van een schakeling voor gammacorrectie is een ondubbelzinnig vastgelegd nulniveau dat in alle belichtingsomstandigheden stabiel blijft, aangezien immers juist veranderingen van de kleinste signaalamplitudes ten gevolge van de gammacorrectie speciaal versterkt worden weergegeven en er derhalve zeer storende kleurzwemen in de schaduwen zouden kunnen ontstaan. Er bleek een ontoelaatbare verandering van het nulniveau op te treden bij sterke variaties van de gemiddelde luminantie van de scène. De verklaring hiervoor is dat een groot gedeelte van het op de signaalelektrode van de „Plumbicon" buis vallende licht diffuus hieraan wordt gereflecteerd en ondanks anti-reflexiemaatregelen bij het kleurscheidende systeem als zwak verstrooid licht weer op de buis terugkomt. Variaties van de gemiddelde luminantie van de scène veroorzaken dan evenredige variaties van het niveau van het verstrooide licht en daarmee een foutief nulniveau.

Dit euvel kon worden verholpen door een regelschakeling waardoor de nulniveau-instelling voor ieder van de drie opneembuizen bij verandering van de gemiddelde signaalsterkte automatisch in dezelfde richting meegeregeld wordt, en wel in precies instelbare mate.

Op deze plaats zij nog gewezen op een ander storend verschijnsel dat met het verstrooide licht samenhangt, nl. het halo-effect. Rondom de hoge lichten ontstaat door totale reflexie aan de voorkant van het venster van de „Plumbicon" buis een ringvormige verheldering van het beeld. Het oppervlak van de signaalelektrode ziet er enigszins roodachtig uit en dienovereenkomstig is dit halo-verschijnsel bij de buis in het rode kanaal het sterkst. Voor dit verschijnsel is thans een afdoende remedie gevonden [7]: door opkitten van een planparallel geslepen glazen plaatje is de dikte van het buisvenster tot meer dan 7 mm vergroot; het totaal gereflecteerde licht valt nu op de gezwarte cilindrische begrenzing van het plaatje en wordt daar geabsorbeerd. In *fig. 15* ziet men twee oscillogrammen die het effect van het glazen plaatje demonstreren.



a *b*

Fig. 15. Opheffing van het halo-verschijnsel door een planparallel glazen plaatje dat op het venster van de „Plumbicon" buis wordt gekit. Het signaalverloop bij een zwart-wit-overgang is opgenomen met een oscillograaf *a*) bij een buis zonder, *b*) bij een buis mèt glazen plaatje. De amplitudefout door het halo-verschijnsel bedraagt bij (*a*) 9,5 %, bij (*b*) slechts 2 %. (Overgenomen uit [7].)

Even belangrijk als de stabilisatie van de drie nulniveaus is in de kleurentelevisie de nauwkeurige vastlegging van het maximale signaalniveau (= witniveau in zwart-wit-televisie). Het is welhaast onmogelijk te vermijden dat in de op te nemen scène onverwachts glimlichten optreden. Weliswaar kan de „Plumbicon" buis bij deskundige instelling dergelijke glimlichten nog bij een luminantie van 6 tot 8 maal de normaal voorkomende maximale waarde zonder onaangename bijverschijnselen verwerken, maar de geleverde stromen bereiken hierbij, ten gevolge van de lineaire karakteris-

[7] F. W. de Vrijer, S. L. Tan en A. G. van Doorn, Advanced techniques for „Plumbicon" cameras, J. SMPTE **75**, 1080-1082, 1966 (no. 11).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

tiek, topwaarden die even vele malen sterker zijn dan de nominale maximale waarde, die als belangrijkste parameter voor het gehele overbrengingskanaal is gekozen en waarvoor derhalve alle schakelingen zijn gedimensioneerd. Het optreden van onverwachte glimlichten zou derhalve tot overbelasting leiden met alle kwalijke gevolgen van dien voor de beeldkwaliteit.

Ter voorkoming hiervan is op twee plaatsen in iedere naversterker een amplitudebegrenzer aangebracht. In één van de eerste versterkingstrappen worden alle signaalwaarden die groter zijn dan 130% van de nominale maximale waarde afgesneden; de volgende trappen zijn daarmee tegen overbelasting beschermd. De tweede begrenzing vindt plaats achter de instelinrichting voor het nulniveau en dient voor de nauwkeurige vastlegging van de maximale signaalamplitude, waarvoor meestal een topwaarde van 1 V wordt gekozen.

Schakelingen voor controles en regelingen

Na deze beschrijving van de belangrijkste functies van het versterkergedeelte willen we van de overige schakelingen in het controlerek slechts enkele bijzonderheden vermelden.

Voor het controleren of de drie naversterkers wat betreft signaalniveaus en gammakarakteristiek juist zijn gecorrigeerd, dient de signaalmonitor. Dit is een katodestraaloscillograaf met drie onderling gelijke verticaalversterkers en een tijdbasis die hetzij met de horizontale, hetzij met de verticale afbuiging van de opneembuizen vast wordt gesynchroniseerd. Met behulp van een elektronische schakelaar kunnen de drie kleursignalen naast elkaar of gesuperponeerd zichtbaar worden gemaakt, zodat een zeer nauwkeurige onderlinge justering van deze signalen mogelijk is. Is deze justering eenmaal uitgevoerd, dan dient de signaalmonitor tijdens een normale opname alleen nog voor het bewaken van het maximale niveau van de signalen. Afwijkingen van de nominale waarden worden dan gewoonlijk gecompenseerd door bijregelen van het objectiefdiafragma of, als een abrupte verandering geen kwaad kan, door de gemeenschappelijke grove amplituderegeling.

De signaalmonitor is het enige controle-instrument dat men gedurende een normale opname werkelijk nodig heeft. De beeldmonitor is op de eerste plaats nodig voor de voorafgaande mechanische en elektronische instelling van de opneembuizen, alsmede voor controle en instelling van de aftastgeometrie en daarmee van het op elkaar vallen van de deelbeelden. We gebruiken hiervoor geen kleurenmonitor doch een zwart-wit-monitor; hierop kan ieder afzonderlijk deelbeeld of de superpositie van de drie deelbeelden zichtbaar worden gemaakt. Tijdens een normale opname dient de beeldmonitor alleen ter controle van wat de cameraman doet en of alles volgens de plannen loopt. Uit het bovenstaande ziet men dat de regelingen kunnen worden verdeeld in instellingen die vooraf en instellingen die tijdens de opname gebeuren. Laatstgenoemde betreffen alleen de instelling van het diafragma, de gemeenschappelijke regeling van het maximale niveau en de gemeenschappelijke regeling van het nulniveau. De regelknoppen hiervoor zijn op een centraal paneel ondergebracht, maar de bijbehorende verbindingen kunnen ook naar een tweede identiek regelpaneel worden omgeschakeld dat zich in een gemeenschappelijke regellessenaar voor verscheidene camera's kan bevinden. De technicus aan deze lessenaar heeft dan de taak met behulp van beeldmonitors de beelden die van de verschillende camera's komen wat betreft helderheid en contrast te vergelijken en op elkaar af te stemmen.

De talrijke instellingen voor de opneembuizen, de signaalversterkers en de deflexieschakelingen behoeft men in het algemeen slechts uit te voeren na het uitwisselen van opneembuizen en na langdurig gebruik van de installatie. De regelknoppen hiervoor zijn binnen in het controlerek en op het lessenaargedeelte hiervan ondergebracht (*fig. 16*) en ze zijn beschermd tegen on-

Fig. 16. Lessenaar van het controlerek met de regelknoppen voor het instellen van de signaalversterkers op een goede kleurbalans en van de deflexieschakelingen op zo goed mogelijk op elkaar vallen van de deelbeelden. Deze regelaars behoeft men tijdens de opname niet meer te bedienen, ze worden dan met een deksel, dat hier nog in de kast geschoven is, tegen ongewilde aanraking beschermd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

gewild of onbevoegd aanraken. Voorwaarde voor het betrouwbaar functioneren van alle regelingen en schakelingen is natuurlijk een zorgvuldige stabilisering van alle voedingsspanningen, alsmede de bescherming hiervan tegen storingen van allerlei soort en tegen wederkerige beïnvloeding.

Praktische resultaten

De praktische ervaringen die tot dusver met het beschreven type camera zijn opgedaan hebben de verwachtingen volledig bevestigd die in de toepassing van „Plumbicon" opneembuizen voor kleurentelevisiecamera's konden worden gesteld. De bediening van de gehele opneeminstallatie is eenvoudig en overzichtelijk. Men heeft geen complicaties bij de regelingen vóór de inwerkingstelling, en de ingestelde waarden blijven stabiel en behoeven gedurende lange tijd niet bijgesteld te worden. Wisselende omgevingstemperaturen zijn vrijwel zonder invloed op de verkregen resultaten, en extreme veranderingen van de verlichting, die b.v. voorkomen als men van binnen- naar buitenopnamen overgaat, worden zonder moeite en zonder verlies aan beeldkwaliteit verwerkt.

Sinds meer dan twee jaar zijn nu deze camera's in talrijke kleurentelevisiestudio's in gebruik, hetzij voor de normale programmaproduktie, zoals in de Verenigde Staten, Canada en Japan, hetzij voor het experimentele kleurentelevisiewerk, zoals in de meeste west- en midden-Europese landen. Ter beoordeling van de prestaties van de camera en de kwaliteit der hiermee verkregen beelden zijn vaak onder goed gecontroleerde omstandigheden vergelijkingen uitgevoerd met andere kleurencamera's, zowel van het type met drie als van dat met vier buizen. Tot het eerste type behoren de conventionele beeldorthiconcamera's, tot het laatstgenoemde type de camera's met één beeldorthicon voor het luminantiesignaal en drie vidicons voor de kleursignalen, en camera's met vier „Plumbicon" buizen (waarbij de vierde buis dient voor het luminantiesignaal).

Bij alle vergelijkingen is gebleken dat het hier beschreven type camera voor studio-opnamen van hoge kwaliteit merkbaar minder licht in de op te nemen scène nodig heeft dan de andere cameratypes, inclusief de vierbuizencamera's. Bij buitenopnamen, waarbij de verlichting meestal aanzienlijk minder gelijkmatig is dan in de studio, is de camera wat betreft de kleurweergave duidelijk beter dan de andere cameratypes. De contrastomvang van de op te nemen scène die kan worden verwerkt, is in alle omstandigheden groter dan bij beeldorthiconcamera's. De beeldscherpte en het op elkaar vallen van de deelbeelden is aanzienlijk beter dan bij beeldorthiconcamera's met drie buizen en even goed als bij zulke camera's met vier buizen. Er zij nogeens op gewezen dat de beeldscherpte niet alleen voor de weergave op kleurenontvangers van belang is, maar eveneens voor de weergave van kleurenprogramma's op zwart-wit-ontvangers (de eis van de compatibiliteit). Het goede resultaat dat hierbij met de camera met drie „Plumbicon" buizen wordt verkregen, en dat te danken is aan de toepassing van de „contouren-uitgroen", is misschien een beslissend argument in de discussies die de laatste jaren zijn gevoerd over de vraag of men beter met drie of met vier buizen kan werken. Tegenover de theoretisch en praktisch meer gecompliceerde vierbuizencamera's, die in hoofdzaak werden ontwikkeld ter wille van een scherpere weergave van kleurenprogramma's op de zwart-wit-ontvangers, staat nu een in dit opzicht gelijkwaardige driebuizencamera, die echter in de kleurweergave beter en in de bediening aanzienlijk eenvoudiger is.

Al zijn tot dusver reeds zeer gunstige resultaten verkregen, kan men stellig nog grote verwachtingen koesteren van een verdere ontwikkeling van dit type camera. Deze ontwikkeling kan doelen op een verdere verfijning van de schakelingen dank zij de snelle vooruitgang op het gebied van de vastestofschakelingselementen, voorts op een voortdurende aanpassing aan de in de praktijk steeds meer naar voren komende tendentie tot automatisering, en op een vervolmaking van de nog betrekkelijk jonge en pas kort aan het ontwikkelingsstadium ontgroeide „Plumbicon" opneembuis.

Samenvatting. De kleine afmetingen van de „Plumbicon" opneembuis en de in vergelijking met de beeldorthicons betrekkelijk eenvoudige werking hiervan maken de constructie van een kleurentelevisiecamera mogelijk die in optisch en mechanisch opzicht en wat betreft de schakelingen afwijkt van de conventionele camera's. In dit artikel komen ter sprake de belangrijkste eigenschappen van het nieuwe prismatische kleurscheidingssysteem, de eenvoudige, bij de praktische eisen aangepaste, instelmogelijkheden voor de opneembuizen, en de speciaal ontwikkelde versterkers en deflexieschakelingen. Bij de schakelingen zijn het vooral de lineaire karakteristiek van de „Plumbicon" buis en het verwaarloosbaar lage stoorniveau van zijn signaalstroom die bijzonder gunstige resultaten opleveren, mits bij het ontwerp van de schakelingen met deze specifieke eigenschappen rekening wordt gehouden. Tot slot worden de praktische ervaringen vermeld die tot dusver in het normale studiowerk verkregen zijn; de conclusie hiervan is dat het beschreven cameratype met drie buizen de voorkeur verdient boven camera's met vier buizen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Recente wetenschappelijke publikaties

Deze publikaties zijn afkomstig van medewerkers van laboratoria en fabrieken, behorende tot of samenwerkende met ondernemingen van het Philipsconcern, in het bijzonder van medewerkers van de navolgende research-laboratoria:

Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven *E*
Mullard Research Laboratories, Redhill (Surrey), Engeland *M*
Laboratoires d'Electronique et de Physique Appliquée, Limeil-Brévannes (S.O.), Frankrijk *L*
Philips Zentrallaboratorium GmbH, Laboratorium Aken, Weisshausstrasse, 51 Aachen, Duitsland *A*
Philips Zentrallaboratorium GmbH, Laboratorium Hamburg, Vogt-Kölln-Strasse 30, 2 Hamburg-Stellingen, Duitsland *H*
MBLE Laboratoire de Recherche, 2 avenue Van Becelaere, Brussel 17 (Boitsfort), België. *B*

Van de meeste dezer publikaties zullen binnenkort overdrukken beschikbaar zijn. Men kan deze aanvragen bij het betrokken laboratorium (zie de codeletter) of bij de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven.

J. Adams: X-ray detection by channel electron multipliers.
Adv. in Electronics and Electron Phys. **22A**, 139-153, 1966. *M*

D. Andrew: A cycloidal path mass spectrometer with wire-wound electric field structure.
1965 Trans. 3rd Int. Vacuum Congress, Stuttgart, Vol. 2, Part 2, p. 527-533; Pergamon Press, Oxford 1967. *M*

K. H. Beckmann: Zur Bildung oxidischer Deckschichten auf Germaniumanoden in alkalischen Elektrolyten.
Berichte Bunsenges. phys. Chemie **70**, 842-849, 1966 (No. 8). *H*

P. Beekenkamp: Colour centres in borate, phosphate and borophosphate glasses.
Thesis Eindhoven, 1965. *E*

P. Beekenkamp & G. E. G. Hardeman: Etude par résonance magnétique nucléaire de la structure des verres du système Na_2O-B_2O_3-P_2O_5.
Verres et Réfr. **20**, 419-426, 1966 (No. 6). *E*

H. J. Bensieck: YIG-tuned reflector for 3 cm waves.
Proc. IEEE **54**, 2003-2004, 1966 (No. 12). *H*

M. Berth, F. Desvignes & R. Petit: Tube analyseur d'images pour l'infrarouge.
Onde électr. **46**, 1321-1329, 1966 (No. 477). *L*

G. Blasse & A. Bril: On the Eu^{3+} fluorescence in mixed metal oxides, V. The Eu^{3+} fluorescence in the rocksalt lattice.
J. chem. Phys. **45**, 3327-3332, 1966 (No. 9). *E*

R. Bleekrode: Pressure dependence of rotational intensity distribution in C_2 "Swan" emission from low-pressure oxyacetylene flames.
J. chem. Phys. **45**, 3153-3154, 1966 (No. 8). *E*

A. J. van Bommel & F. Meyer: LEED measurement of H_2S and H_2Se adsorption on germanium (111).
Surface Sci. **6**, 391-394, 1967 (No. 3). *E*

H. Bosma: Performance of lossy *H*-plane *Y* circulators.
IEEE Trans. on magnetics **MAG-2**, 273-277, 1966 (No. 3). *E*

G. Brédart & Ph. van Bastelaer: Les paramètres matriciels du transistor et leur emploi dans l'étude du comportement transitoire des circuits transistorisés (cas des petits signaux). 1re partie: Les paramètres matriciels.
Rev. MBLE **9**, 152-163, 1966 (No. 3). *B*

J.-J. Brissot: Préparation et propriétés des monocristaux destinés aux lasers.
Acta electronica **10**, 7-35, 1966 (No. 1). *L*

P. H. Broerse: Electron bombardment induced conductivity in lead monoxide.
Adv. in Electronics and Electron Phys. **22A**, 305-314, 1966. *E*

G. Buchta: Miniaturized broadband *E*-Tee circulator at *X*-band.
Proc. IEEE **54**, 1607-1608, 1966 (No. 11). *H*

A. J. Burggraaf: The mechanical strength of alkali-aluminosilicate glasses after ion exchange.
Thesis Eindhoven, 1965.

J. Burmeister: Kristallzüchtung von Wüstit, $Fe_{1-x}O$.
Mat. Res. Bull. **1**, 17-26, 1966 (No. 1). *A*

H. J. Butterweck: Scattering bounds for the general lossless reciprocal three-port.
IEEE Trans. on circuit theory **CT-13**, 290-293, 1966 (No. 3). *E*

H. B. G. Casimir: Note on macroscopic theory of optical rotation and double refraction in cubic crystals.
Philips Res. Repts. **21**, 417-422, 1966 (No. 6). *E*

A. Charles-Georges & A. Salmon: Taillage des monocristaux pour lasers.
Acta electronica **10**, 37-54, 1966 (No. 1). *L*

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

A. Claassen & L. Bastings: The determination of nickel with dimethylglyoxime in iron and steel containing cobalt and copper.
Analyst **91**, 725-731, 1966 (No. 1088). *E*

A. Cohen: Eigenschappen van de spreektaal.
Natuurk. Voordr. 1965-1966, nieuwe reeks No. 44, p. 99-111; Diligentia, Den Haag 1966. *E*

B. J. Curtis & H. Graffenberger: The floating zone crystal growth of lanthanum hexaboride.
Mat. Res. Bull. **1**, 27-31, 1966 (No. 1). *A*

H. J. van Daal & A. J. Bosman: Influence of native defects on transport properties of Li-doped NiO.
Physics Letters **23**, 525-526, 1966 (No. 9). *E*

R. David & A. Venema: Pump speed measurements in a new type of cryopumped vacuum system.
1965 Trans. 3rd Int. Vacuum Congress, Stuttgart, Vol. 2, Part 3, p. 577-579; Pergamon Press, Oxford 1967. *E*

J. Dieleman, J. W. de Jong & T. Meijer: Acceptor action of alkali metals in II-VI compounds as detected by electron spin resonance techniques.
J. chem. Phys. **45**, 3178-3184, 1966 (No. 9). *E*

J. Domain: Contribution à la réalisation d'un laser au néodyme. Étude spectroscopique de l'ion néodyme trivalent dans le tungstate de calcium et dans le verre.
Acta electronica **10**, 71-109, 1966 (No. 1). *L*

W. F. Druyvesteyn, C. A. A. J. Greebe & A. J. Smets: Helicon resonances in metal boxes filled with a ferromagnetic material.
Solid State Comm. **4**, 643-644, 1966 (No. 12). *E*

M. J. Folkes & G. Winsor: Size and shape effects in magnetic thin film storage elements.
Int. J. Control **3**, 513-533, 1966 (No. 6). *M*

Y. Genin: Principes du guidage perturbationnel subotimal et méthodes d'approximation polynomiale des matrices de guidage.
Rev. MBLE **9**, 86-103, 1966 (No. 2). *B*

J. R. van Geuns: A study of a new magnetic refrigerating cycle.
Thesis Leiden, 1966. *E*

C. A. A. J. Greebe & W. F. Druyvesteyn: Local theory for helicon resonances in flat metal boxes.
Philips Res. Repts. **21**, 423-431, 1966 (No. 6). *E*

G. J. van Gurp & D. J. van Ooijen: The influence of dislocations on superconductivity.
J. Physique **27**, Colloque C3, p. C3-51-67, 1966. *E*

C. Haas: Phase transitions in transition-metal chalcogenides.
Solid State Comm. **4**, 419-421, 1966 (No. 9). *E*

R. F. Hall: Field emission characteristics and surface charging of Au-Cs-O.
Proc. 7th Int. Conf. on phenomena in ionized gases, Beograd 1965, Vol. I, p. 229-232; Gradevinska Knjiga Publ. House, Beograd 1966. *M*

R. F. Hall & H. C. Wright: Hall effect measurements on Au-Cs-O.
Brit. J. appl. Phys. **18**, 33-35, 1967 (No. 1). *M*

N. Hansen & W. Littmann: Über die Bestimmung der Haftwahrscheinlichkeit von Gasen an reinen Metalloberflächen.
1965 Trans. 3rd Int. Vacuum Congress, Stuttgart, Vol. 2, Part 2, p. 465-471; Pergamon Press, Oxford 1967. *A*

Y. Haven, A. Kats & J. S. van Wieringen: Optical absorption and paramagnetic resonance of colour centres in X-rayed α-quartz containing germanium.
Philips Res. Repts. **21**, 446-476, 1966 (No. 6). *E*

E. E. Havinga: Magnetic interactions between Mn^{3+} ions in perovskites.
Philips Res. Repts. **21**, 432-445, 1966 (No. 6). *E*

L. Heijne: Einige physikalische und chemische Aspekte der Photoleitung.
Festkörperprobleme **6**, 127-173, 1967. *E*

F. N. Hooge: Spectra of praseodymium in yttrium gallium garnet and in yttrium aluminum garnet.
J. chem. Phys. **45**, 4504-4509, 1966 (No. 12). *M*

D. van Houwelingen, A. L. Luiten & J. Volger: A superconducting dynamo and solenoid combination operating at high current level.
Bull. Inst. Int. Froid, Annexe 1966-5, p. 545-553. *E*

M. Jung: Pseudo-abrupte legierte *p-n*-Übergänge in GaP.
Phys. Stat. sol. **18**, 743-748, 1966 (No. 2). *A*

J. T. Klomp: Solderen in de hoogvacuümtechniek.
Meded.blad Ned. Vacuümver. **4**, No. 4/5, 48-65, 1966. *E*

J. E. Knowles & K. Tweedale: The origin of delta noise in square-loop ferrites.
IEEE Trans. on magnetics **MAG-2**, 593-597, 1966 (No. 3). *M*

E. Kooi: The surface charge in oxidized silicon.
Philips Res. Repts. **21**, 477-495, 1966 (No. 6). *E*

E. Kooi & M. V. Whelan: On the role of sodium and hydrogen in the $Si-SiO_2$ system.
Appl. Phys. Letters **9**, 314-317, 1966 (No. 8). *E*

D. J. Kroon: A tail-Dewar for liquid helium.
J. sci. Instr. **43**, 831, 1966 (No. 11). *E*

J. Liebertz: Der Einfluß von Lösungsgenossen auf die Einstellung des Gleichgewichts $InOOH/In_2O_3$ unter hydrothermalen Bedingungen.
Berichte Bunsenges. phys. Chemie **70**, 1051-1052, 1966 (No. 9/10). *A*

J. Loeckx & M. Sintzoff: Les langages de programmation et leur traitement automatique.
Rev. MBLE **9**, 126-146, 1966 (No. 3). *B*

Mme Lottin & J. Bonnefous: Les éléments lasers: contrôle des cristaux, finition optique et mesures.
Acta electronica **10**, 55-70, 1966 (No. 1). *L*

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

M. Loty: Facteurs de qualité des tubes à rayons cathodiques à réponse rapide.
Onde électr. **46**, 1314-1316, 1966 (No. 477). *L*

G. Meijer: The influence of light on plant development.
Congrès et Colloques Univ. Liège **38**, 141-149, 1966. *E*

R. Memming & G. Neumann: Formation of surface states and radicals on Ge electrodes.
Physics Letters **24A**, 19-21, 1967 (No. 1). *H*

E. J. Millett, J. C. Brice, P. A. C. Whiffin & P. W. Whipps: Coupled substitution of chromium and lithium in zinc tungstate.
Crystal Growth, Proc. int. Conf. Boston, 1966 (suppl. to J. Phys. Chem. Solids), p. 673-677; Pergamon Press, Oxford 1967. *M*

J. Neirynck: The aperiodic step response.
Rev. MBLE **9**, 147-150, 1966 (No. 3). *B*

A. G. J. van Oostrom: Validity of the Fowler-Nordheim model for field electron emission.
Thesis Amsterdam, 1965. *E*

P. Penning: Theory of X-ray diffraction in unstrained and lightly strained perfect crystals.
Thesis Delft, 1966. *E*

U. Pick: An improved electron bombardment evaporation source for powdered materials.
J. sci. Instr. **44**, 70-71, 1967 (No. 1). *M*

A. Rabenau: Chemistry of the incandescent lamp.
Angew. Chemie: Int. Edit. in English **6**, 68-73, 1967 (No. 1); German Edit. **79**, 43-49, 1967 (No. 1). *A*

N. D. Richards: The design of large cryotron memories.
IEEE Trans. on magnetics **MAG-2**, 394-398, 1966 (No. 3). *M*

J. A. Rietdijk: The expansion ejector, a new device for liquefaction and refrigeration at 4 °K and lower.
Bull. Inst. Int. Froid, Annexe 1966-5, p. 241-248. *E*

C. J. M. Rooymans: Hochdruck-Hochtemperatur-Umwandlungen der Monotelluride der seltenen Erden.
Berichte Bunsenges. phys. Chemie **70**, 1036-1041, 1966 (No. 9/10). *E*

H. J. Schmitt: Hochfrequenz-Permeabilität von Ferriten bei dynamischer Vormagnetisierung.
Z. angew. Physik **22**, 95-103, 1967 (No. 2). *H*

H. Scholz & R. Kluckow: Temperature-gradient reversal methods for crystal growth.
Crystal Growth, Proc. int. Conf. Boston, 1966 (suppl. to J. Phys. Chem. Solids), p. 475-482; Pergamon Press, Oxford 1967. *A*

R. P. van Stapele, J. C. M. Henning, G. E. G. Hardeman & P. F. Bongers: Direct measurement of weak exchange interactions in pairs of Co^{2+} ions in Cs_3ZnCl_5.
Phys. Rev. **150**, 310-314, 1966 (No. 1). *E*

B. J. Stocker & G. F. Weston: The effect of acceleration on a filamentary discharge in inert gases.
J. sci. Instr. **43**, 913-916, 1966 (No. 12). *M*

J. P. Stoll: Vergleichende Messungen der komplexen skalaren Permeabilität an Kugeln und Stäben aus Ferriten mit hohen und niedrigen Verlusten bei Mikrowellen.
Z. angew. Physik **22**, 214-219, 1967 (No. 3). *H*

H. D. Stone: Preparation of high-resolution phosphor screens.
Adv. in Electronics and Electron Phys. **22A**, 565-570, 1966. *M*

F. L. Stumpers: Ir. H. Rinia neemt afscheid.
T. Ned. Elektronica- en Radiogen. **31**, 245-249, 1966 (No. 12). *E*

T. L. Tansley: Forward bias current-voltage characteristics for a heterojunction in which tunnelling dominates.
Phys. Stat. sol. **18**, 105-112, 1966 (No. 1). *M*

D. G. Taylor: The measurement of the modulation transfer functions of fluorescent screens.
Adv. in Electronics and Electron Phys. **22A**, 395-405, 1966. *M*

B. D. H. Tellegen: On nullators and norators.
IEEE Trans. on circuit theory **CT-13**, 466-469, 1966 (No. 4). *E*

D. R. Tilley, J. P. Baldwin & G. Robinson: Parallel critical fields of type I tin films.
Proc. Phys. Soc. **89**, 645-659, 1966 (No. 3). *M*

B. Tuck: Photoluminescence of $GaAs_{0.7}P_{0.3}$.
Phys. Stat. sol. **18**, 541-545, 1966 (No. 2). *M*

J. Volger: Recente toepassingen van supergeleiders.
Natuurk. Voordr. 1965-1966, nieuwe reeks No. 44, p. 43-53; Diligentia, Den Haag 1966. *E*

F. W. de Vrijer, A. L. Tan & A. G. van Doorn: Advanced techniques for "Plumbicon" cameras.
J. SMPTE **75**, 1080-1082, 1966 (No. 11). *E*

H. W. Werner & H. A. M. de Grefte: Measurement of small ion currents in a mass spectrometer with a scintillation detector.
1965 Trans. 3rd Int. Vacuum Congress, Stuttgart, Vol. 2, Part 2, p. 493-496; Pergamon Press, Oxford 1967. *E*

J. S. C. Wessels: Isolation of a chloroplast fragment fraction with $NADP^+$-photoreducing activity dependent on plastocyanin and independent of cytochrome *f*.
Biochim. biophys. Acta **126**, 581-583, 1966 (No. 3). *E*

W. J. Witteman: Rate determining processes for the production of radiation in high power molecular lasers.
IEEE J. of quantum electronics **QE-2**, 375-378, 1966 (No. 9). *E*

Jaargang 28, 1967, no. 11 blz. 333-364 Verschenen 2 oktober 1967

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!